

Aus dem Anaesthesie-Zentrum der Universität Marburg
(Leiter: Prof. Dr. H. Oehmig)
und der Chirurgischen Universitätsklinik Marburg

**Postoperative Änderungen des
Blutvolumens nach langsamer Infusion
von Sterofundin SK'L[®],
Macrodex[®] 6% und Blut
in Abhängigkeit von der präoperativ
„induzierten Hypervolämie“.**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Karsten Ritter
aus Teschen (Oberschles.)

Marburg 1966

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus dem Anaesthesie-Zentrum der Universität Marburg
(Leiter: Prof. Dr. H. Oehmig)
und der Chirurgischen Universitätsklinik Marburg

**Postoperative Änderungen des
Blutvolumens nach langsamer Infusion
von Sterofundin SK'L[®],
Macrodex[®] 6% und Blut
in Abhängigkeit von der präoperativ
„induzierten Hypervolämie“.**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg



vorgelegt von

Karsten Ritter

aus Teschen (Oberschles.)

Marburg 1966

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 18.5.1966 und
gedruckt mit Genehmigung des Dekanats.

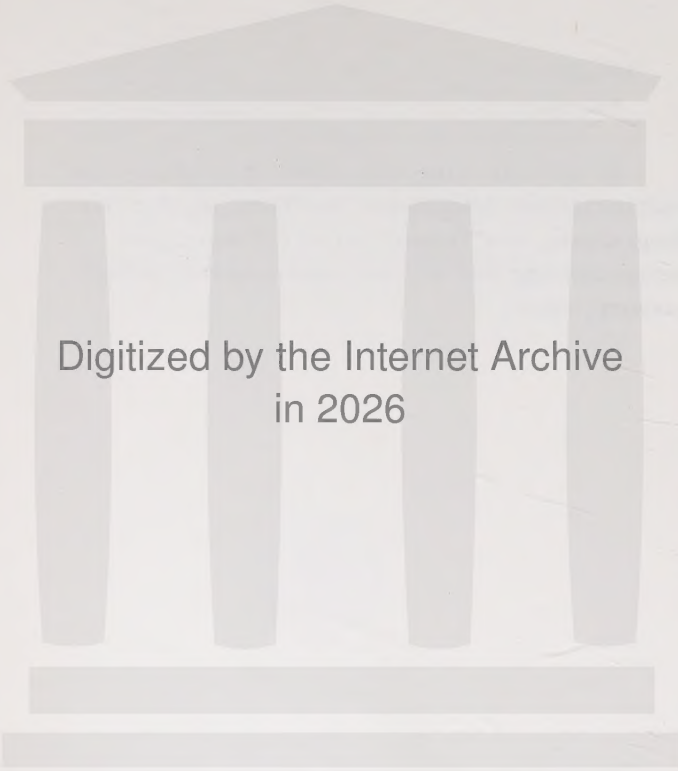
Dekan: Prof. Dr. med. O. Braun-Falco

Referent: Prof. Dr. med. H. Oehmig

Correferent: Priv.-Doz. Dr. med. I. Staib



Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinen verbindlichen Dank Herrn Dr. Kirchner für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Abfassung dieser Arbeit auszusprechen.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhalt:	Seite:
I. Einleitung	1
II. Allgemeiner Teil	2
1.0 Die Flüssigkeitsräume des menschlichen Organismus	2
1.1 Normale Wasserverteilung	2
1.2 Störungen im Wasserhaushalt	4
2.0 Blutvolumen und Blutvolumenveränderungen	5
2.1 Normalwerte	5
2.2 Verteilung des Blutvolumens	5
2.3 Blutvolumenregulation	6
2.4 Änderungen des Blutvolumens unter physiologischen und pathologischen Verhältnissen	8
2.5 Reaktion auf Blutverluste	9
2.51 Restaurierung des Blutvolumens	9
2.52 Mikrozirkulation	10
2.53 Einteilung der akuten Kreislaufinsuffizienz	11
3.0 Eigenschaften, Wirkungsweise und Indikationen gebräuchlicher Infusionsmittel	13
3.1 Kristalloide Lösungen	13
3.11 Zuckerlösungen	13
3.12 Salzlösungen	14
3.2 Kolloidale Lösungen	16
3.3 Blut und Blutderivate	21
3.31 Blut	21
3.32 Blutderivate	23

III.	Spezieller Teil	24
1.0	Eigene Untersuchungen	24
1.1	Krankengut	24
1.2	Einteilung des Krankenguts	25
1.3	Blutvolumenmessung	26
1.4	Weitere Untersuchungen	32
2.0	Ergebnisse	33
3.0	Diskussion	41
3.1	Postoperative Blutvolumenänderungen	41
3.11	Kristalloide Lösungen	41
3.12	Kolloidale Lösungen	44
3.13	Blut und Blutderivate	46
3.14	Einzelfälle	49
3.2	Blutverlust und -ersatz während der Operationen	51
3.3	Hämatokrit-, Hämoglobin- und Erythrocytenwerte nach Infusionen	52
3.4	Urinproduktion und spezifisches Gewicht nach Infusionen	53
3.5	Klinische Beurteilung der Durchblutung	55
4.0	Zusammenfassung	57
IV.	Literaturverzeichnis	59

I. Einleitung

Große operative Eingriffe sind ohne die Möglichkeit der Infusionstherapie zur Deckung von Flüssigkeitsverlusten des intra- und extrazellulären Raumes undenkbar. Der Aufrechterhaltung eines normalen Blutvolumens kommt dabei besonderes Gewicht zu. Es werden Blut, Plasma, Serum und sogenannte Blutersatzmittel verwendet. Letztere haben sich in Form der kolloidalen Plasmaexpander allgemein bewährt. Exakte Vorschriften über ihre Dosierung gibt es bis heute noch nicht. Direkte Blutvolumenmessungen wären ein ideales Mittel zur Feststellung von Flüssigkeitsverlusten und zur Leitung der Therapie⁴.

Plasmaexpander werden nicht nur aus therapeutischen, sondern auch aus prophylaktischen Indikationen verordnet. Eine typische Anwendung liegt bei kachektischen, alten und/oder gefäßkranken Patienten vor. Das Gefäßsystem dieser Patienten hat soviel an Regulationsvermögen eingebüßt, daß eine normale Blutmenge zur Kompensation größerer Anforderungen an den Kreislauf, wie Narkose und Operation, nicht ausreicht⁵⁸. Aus diesem Grund wird vor der Operation durch Infusionen volumenwirksamer Flüssigkeiten eine " i n - d u z i e r t e H y p e r v o l ä m i e " hervorgerufen, die den Kreislauf stabilisiert.

Die Auswirkungen der "induzierten Hypervolämie" sollen in der vorliegenden Arbeit durch Messungen des postoperativen Blutvolumenverhaltens bei Patienten ohne präoperativ "induzierte Hypervolämie" und bei Patienten, deren Blutvolumen absichtlich vor der Operation erhöht worden ist, dargestellt werden.

II. Allgemeiner Teil

1.0 Die Flüssigkeitsräume des menschlichen Organismus

1.1 Normale Wasserverteilung

Der erwachsene Organismus besteht zu 50-60% aus Wasser. Bezogen auf die fettfreie Körpermasse ergeben sich sogar Werte von 71-73%⁹⁵. Das Gesamtkörperwasser beträgt bei einem 70 kg schweren Menschen demnach etwa 45 Liter. Davon sind ungefähr $\frac{2}{3}$ oder 30 l intrazelluläre Flüssigkeit. Von der extrazellulären Flüssigkeit - dem restlichen Drittel - befinden sich 10 l im interstitiellen Raum und 3,5 l als Plasmavolumen in der Blutbahn.

Zur Aufrechterhaltung des Verteilungsgleichgewichts kommunizieren die drei Flüssigkeitskompartimente untereinander (Drei-Kammer-System, Abb.1). Der Stoffaustausch zwischen intra- und extrazellulärer Flüssigkeit findet neben einfacher Diffusion auch durch aktive Transportmechanismen (Na-K-Pumpe¹¹⁴) statt, die eine Differenz in der Elektrolytzusammensetzung beider Räume aufrechterhalten. Der Austausch zwischen Intra- und Extravasalraum durch die Kapillarwand wird durch den effektiven Filtrationsdruck, der Differenz zwischen Kapillardruck und kolloidosmotischem Druck des Blutes, reguliert. Das Überwiegen eines dieser Teildrucke hat Filtration (arterieller Schenkel) oder Absorption (venöser Schenkel der Kapillare) zufolge.

Diese von STARLING¹⁰¹ erkannte Gesetzmäßigkeit bedarf zweier Einschränkungen:

1. Der Gewebsdruck wirkt der Filtration entgegen.
2. Neben Filtration und Rückresorption ist auch Diffusion⁸⁸ möglich, da die Kapillarwand gemäß der Porentheorie^{86,96} für großmolekulare Eiweißkörper durchgängig ist^{83,118}.

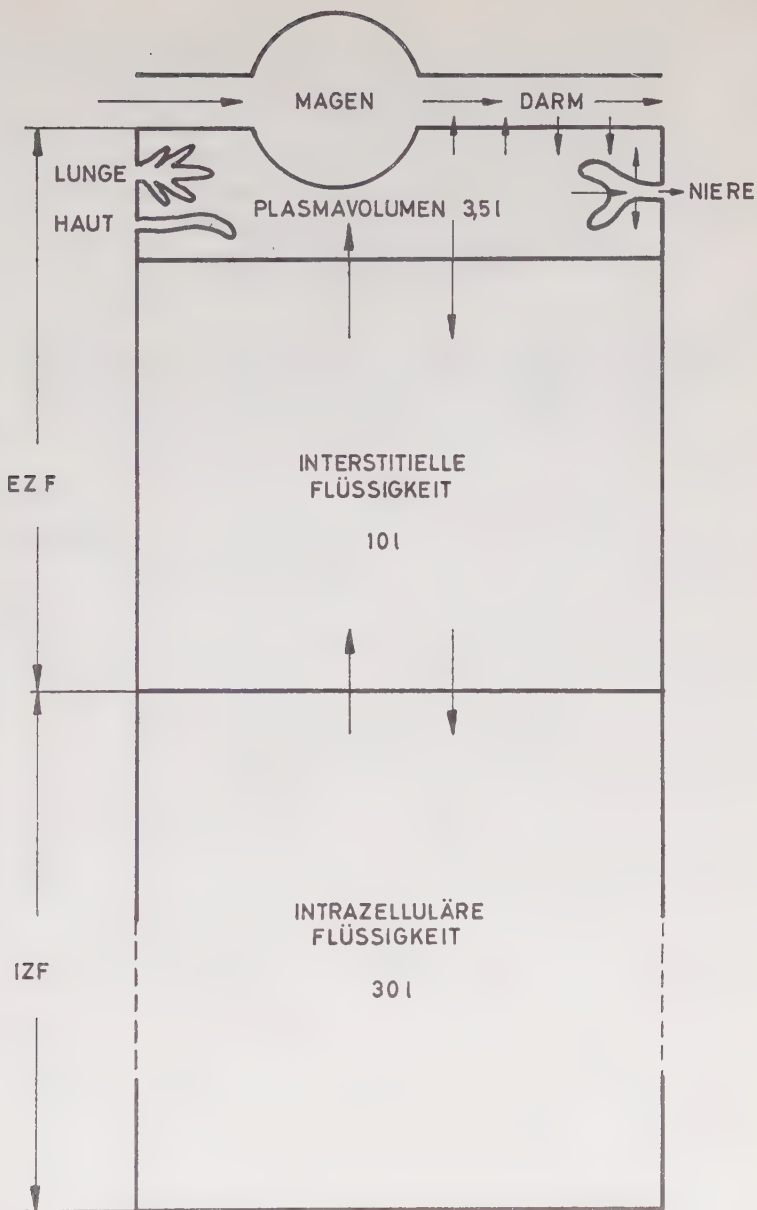


Abb.1: Die Flüssigkeitsräume des menschlichen Organismus (nach GAMBLE²⁴)

Damit wird nur ein Teil des onkotischen Drucks im Blut wirksam und ein Überwiegen der Filtration gegenüber der Rückresorption ermöglicht. Die im Überschuß filtrierte Flüssigkeit bringt als Lymphe die Eiweißkörper, die die Blutbahn verlassen haben, wieder in das Gefäßsystem zurück. Durch die Verbindungen der Flüssigkeitsräume untereinander können plötzliche Veränderungen im Wasser- und / oder Salzgehalt abgefangen werden.

Im gesunden Organismus wird die Wasserbilanz konstant gehalten¹⁸. Die in den Intestinaltrakt fließenden Sekretmengen werden quantitativ rückresorbiert (Tabelle 1).

Einfuhr		Intestinal- kreislauf		Ausfuhr	
Trinken	1300	Speichel	1500	Urin	1500
Feste Nahrung	1000	Magensaft	2500	Perspiratio insensibilis	600
Oxydations- wasser	300	Galle	500	Atemluft	400
		Pankreassaft	700	Stuhl	100
		Darmsekrete	3000		
Summe	2600	Summe	8200	Summe	2600

Tabelle 1: Flüssigkeitsumsatz eines Tages in ml
(nach WIEMERS und KERN¹²⁷)

1.2 Störungen im Wasserhaushalt

1.21 Reine Wasserverluste (hypertone Dehydratation, Durstexsikkose¹¹¹) verteilen sich über alle drei Flüssigkeitsräume, wodurch das Blutvolumen auch bei starker Austrocknung nur gering abnimmt.

1.22 Bei gleichzeitigem Verlust von Wasser und Elektrolyten (isotone oder extrazelluläre Dehydratation¹¹¹) wird der Flüssigkeitsbestand der Zelle nicht vermindert, da keine Ionenkonzentrationsänderung auftritt. Der Wasserverlust wird in diesem Fall vom Extrazellulärraum getragen und führt schnell zu einem Blutvolumenverlust bis zum Schock. Als Ursache für die isotonische Dehydratation kommen Fieber, erhöhter Schweißverlust, Erbrechen oder Versagen der Wasserrückresorption (Diarrhoen, Fisteln, Peritonitis) in Frage. Bei alten Menschen wirkt sich eine Dehydratation besonders gefährlich aus, da an sich schon ein reduzierter Wasserbestand (besonders intrazellulär) vorhanden ist^{51,112}.

1.23 Gehen Elektrolyte (Na) im Überschuß gegenüber Wasser verloren, so kommt es zu einer Abnahme der Extrazellulärflüssigkeit (hypotone Dehydratation, Salz-mangelexsikkose¹¹¹). Wegen des Absinkens der Osmolarität im Extrazellulärraum strömt Flüssigkeit in den nunmehr hypertonen Intrazellulärraum ein. (Auf diesen Zustand wird im Folgenden nicht weiter eingegangen.)

1.24 Auch bei Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz, z.B. nach Operationen, scheidet der Organismus durch Nieren, Haut und Lunge unter Ruhebedingungen 2000 ml Wasser am Tag aus. Diese können auch bei maximaler Einschränkung der Nierentätigkeit nicht unter 1200 ml gesenkt werden¹²⁷.

2.0 Blutvolumen und Blutvolumenveränderungen

2.1 Normalwerte

Die Angaben über das Durchschnittsblutvolumen des gesunden Menschen weisen große Schwankungen auf. Die angegebenen Werte hängen von den benutzten Meßmethoden² und den Bezugsgrößen⁸⁰, wie Körpergewicht, fettfreie Körpermasse^{13,53}, Größe und Gewicht⁴⁹, Oberfläche¹³ oder Gewichts- Größen- Relation¹¹⁰ ab.

Der am häufigsten benutzte Bezugswert ist das Körpergewicht. Die darauf bezogenen Blutvolumina schwanken zwischen 65-80 ml/kg für Männer und 60-70 ml/kg für Frauen^{2,10,13,34,124}.

2.2 Verteilung des Blutvolumens

Nach neueren Untersuchungen^{25,26} wird das Gefäßsystem nicht mehr nach anatomischen Gesichtspunkten in einen großen und kleinen Kreislauf unterteilt. Es wird vielmehr vom funktionellen Standpunkt her ein arterielles Hochdrucksystem (Widerstandssystem) von einem venösen Niederdrucksystem (Kapazitätssystem) unterschieden (Abb.2).

Der arterielle Raum wird rein dynamisch aus einer Abstimmung des Herzminutenvolumens auf den Widerstand im Strombett reguliert. Er ist dadurch nur wenig veränderlich. Er dient als Druckkammer der Aufrechterhaltung des Blutdrucks und der Lenkung und Verteilung der Blutströme¹⁰⁹. Nur 15 % des Gesamtblutvolumens sind in ihm enthalten. Im Niederdrucksystem herrschen vorwiegend statische Verhältnisse, die aus einer Abstimmung von Blutvolumen und Gefäßwandtonus resultieren.

Es enthält 85 % des Gesamtvolumens. Diese verteilen sich zu 4 % auf den Kapillarraum, der den Stoffaustausch mit dem Interstitium ermöglicht, zu 51 % auf den metabolisch inaktiven venösen Raum im engeren Sinn und zu 30 % auf das intrathorakale Blutvolumen¹⁰⁹. Der Intrathorakalraum dient als Blutlieferant für das Herz bei Kapazitätsänderungen.

Bei Lageänderung (z.B. Liegen zu Stehen und umgekehrt) können zwischen den Gefäßen der Extremitäten⁹⁹ oder den subpapillären Plexus der Haut¹³⁰ und dem Intrathorakalraum der Gravitation entsprechend große Mengen Blut (500 - 1000 ml) verschoben werden²⁶. Die Gefäße der Abdominalorgane spielen keine Rolle bei der Mobilisation von Blut. Echte Volumenspeicherorgane im Sinne BARCROFTs und REINs gibt es nicht^{26,100}.

2.3 Blutvolumenregulation

Das Blutvolumen wird durch das Zusammenspiel verschiedenster Mechanismen in engen Grenzen gehalten^{12,87,92}.

2.31 In den letzten Jahren ist eine Arbeitshypothese aufgestellt worden, nach der Druck und Volumen als unabhängiger physiologischer Parameter²⁶ einen adäquaten Reiz für einen Regelkreis darstellen. Volumenrezeptoren im linken Vorhof und vasosensible Endkörper an den Übergangsstellen der Venen in die Vorhöfe^{81,121} sollen diesen Reiz über den N. vagus⁷⁸ in ein Umschaltzentrum im Hypothalamus leiten. Während der Diastole konnten elektrophysiologisch

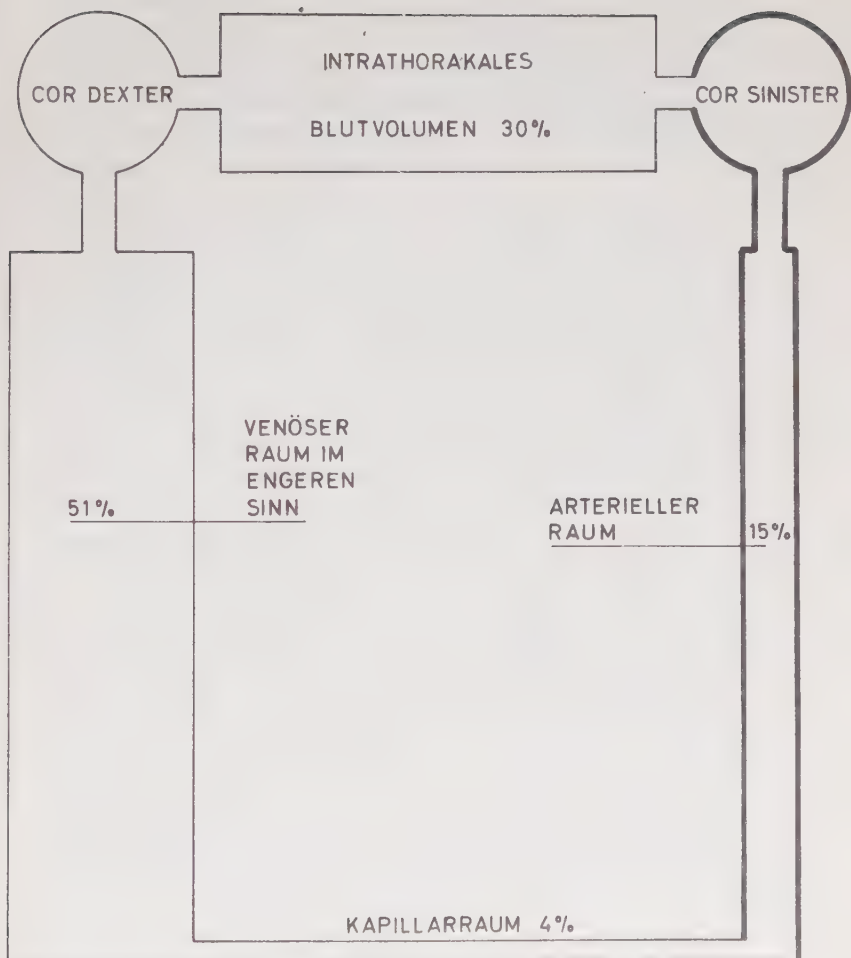


Abb.2: Die Verteilung des Blutvolumens im menschlichen Organismus (nach SCHOLER und SCHNÖS¹⁰⁹)
Widerstandssystem fett, Kapazitätssystem dünn

diese Signale in den sensiblen Fasern des N. vagus abgeleitet werden, die in ihrer Anzahl vom Volumen und der diastolischen Dehnung des Vorhofs abhängen⁸⁴. Die Signale sollen eine doppelte Funktion hervorrufen:

1. Sympathikustonusabnahme und somit Zunahme der Kapazität des Niederdrucksystems und
2. Hemmung der Adiuretinausschüttung im Hypophysenhinterlappen und dadurch vermehrte Wasserrückresorption durch die Niere.

Einen Hinweis auf die Wirksamkeit dieses Mechanismus konnten HENRY und GAUER geben²⁶. Durch Eingriffe, die das Blutvolumen im Thorax und linken Vorhof erhöhten (Unterdruckatmung, Einführung eines aufblasbaren Ballons, Transfusion, usw.) konnten sie eine Diurese, die bei Ausschaltung des N. vagus ausblieb, erzielen. Umgekehrt folgte einer Verkleinerung der intrathorakalen Blutmenge (Überdruckbeatmung, Ballonsonde in der unteren Hohlvene, Aderlaß, usw.) eine Oligurie.

2.32 Ein völlig anderes Konzept auf der Grundlage einer Autoregulation gibt DOBSON an^{15,16}. Unter der Annahme, daß das antidiuretische Hormon und Aldosteron in konstanter Geschwindigkeit produziert werden, soll bei vermehrtem Blutdurchfluß durch die Leber die Inaktivierung dieser Hormone zunehmen. Daraus folgt ein Wasserverlust durch die Niere. Auf der anderen Seite soll die Hormonkonzentration bei verminderter Leberdurchströmung steigen, wodurch Wasser zurückgehalten wird.

2.4 Änderungen des Blutvolumens unter physiologischen und pathologischen Verhältnissen

Das Blutvolumen nimmt im Verlauf der körperlichen Entwicklung mit dem Körpergewicht, der Körperlänge und -oberfläche durch die Ausdehnung des Gefäßsystems zu^{34, 73, 100}. Im Alter sinkt der Absolutwert wieder⁸⁹. Es ergeben sich aber, bezogen auf das Körpergewicht und die -oberfläche, keine oder nur geringe Altersunterschiede¹¹⁰.

Das Blutvolumen ist abhängig vom Geschlecht (2.1), von jahreszeitlichen Schwankungen¹³⁴, Änderungen der Temperatur^{21, 73, 75, 98} und des Luftdrucks²³. Es steigt bei körperlichem Training und Schwangerschaft^{33, 66} und sinkt bei Inaktivität und Bettruhe¹²². Alte Menschen können ein Blutvolumendefizit von 20-30 % aufweisen^{44, 50}.

Ein erhöhtes Blutvolumen ist bei Polycythämie^{9, 123}, Herzkrankheiten¹⁰⁹, Fallotscher Tetralogie, kardiovaskulären Anomalien mit arteriovenösem Shunt, Cor pulmonale, Bronchiektasien, Atmungsinsuffizienz, chronischer Hypoxie und Hyperthyreose gefunden worden^{2, 25, 34, 100, 109}.

Normale Gesamtblutvolumina haben Messungen bei chronischen Anämien (erniedrigtes Zellvolumen und erhöhtes Plasmavolumen) ergeben^{40, 85, 100}.

Erniedrigte Blutvolumenwerte werden hervorgerufen durch akute und chronische Blutungen¹¹⁴, Traumen¹¹, Verbrennungen⁹³, Hunger¹⁰⁰, Dehydratation¹¹¹ und Hypertonie⁹⁷.

Echte Oligämien weisen Patienten mit fortgeschrittenen Carzinomen, Tuberkulose und auszehrenden Prozessen (chronische Eiterungen, schlecht heilende Wunden, rezidivierende Ulcera) auf^{7, 8, 90, 113, 114}.

2.5 Reaktion auf Blutverluste

2.51 Restaurierung des Blutvolumens

Der Organismus reagiert auf jeden Blutverlust sofort mit einer Änderung der Blutverteilung⁴⁵. Diese Umstellung ist abhängig vom Ausmaß des Blutverlustes. Die Kreislauffunktion wird durch die Einflüsse einer verstärkten sympathischen Innervation auf das Niederdrucksystem aufrechterhalten, deren Kennzeichen die Erhöhung der Gefäßwiderstände, Abdrosselung der peripheren Stromgebiete, Verringerung des Herzminutenvolumens und Sammlung des zirkulierenden Blutes in die lebensunentbehrliche Mitte sind (Zentralisation des Kreislaufs¹⁹).

Nach Volumenverlusten bis zu 10 % oder 500 ml ändert sich die Wandspannung des Niederdrucksystems nicht¹²⁷. Durch die daraus resultierende Erniedrigung des Venendrucks strömt vermehrt Flüssigkeit aus dem Interstitium in das Venensystem, bis das Volumen wieder ausgeglichen ist. Nur in seltenen Fällen treten Zeichen eines erhöhten Vagustonus auf (Entspannungskollaps, banale Ohnmacht)¹⁹. Blutverluste von 10-20 %, also 500-1000 ml, werden vom gesunden Organismus ohne schädliche Folgen kompensiert^{52,119}. Bei weiteren Verlusten bis 30 % oder 1500 ml wird auch das arterielle Hochdrucksystem in die Vasokonstriktion einbezogen¹²⁷. Sind die Verluste noch größer (30-50 %), so ist wegen des Versagens der Kreislauffleistung ein Volumenmangelschock die Folge; planmäßige physiologische Regulationen sind nicht mehr möglich (paralytischer Kollaps¹⁹) dekompenzierter oder irreversibler Schock).

Der Volumenersatz erfolgt durch Einströmen von eiweißarmem Gewebswasser, Rückstrom von extravasalem

Eiweiß, Plasmaeiweißneubildung und später durch Zellregeneration. Der Ausgangswert ist nach Blutverlusten von $1/2$ l in 12 bis 24 Stunden, nach Verlusten von 1 l in 1 bis 2 Tagen erreicht. Im gesunden Organismus ist die normale Plasmamenge nach mittelschweren Blutungen in 4 bis 5 Tagen wieder aufgefüllt. Die Erythrocytenzahlen normalisieren sich bei Blutspendern nach der Abgabe von 500 ml Blut nach 6 bis 8 Wochen⁴⁵.

2.52 Mikrozirkulation

Das Verhalten der Kapillardurchblutung ist nach neueren Untersuchungen²⁷⁻³² nicht nur von nervalen Regulationsmechanismen abhängig, sondern auch von den rheologischen Eigenschaften des Blutes selbst. Blutzellaggregate, wie sie nach großen Blutverlusten durch Verklebung der Thrombozyten und ebenso der Erythrozyten entstehen, führen im Bereich der Arteriolen, Kapillaren und Venolen zur Erhöhung des peripheren Widerstandes, Strömungsverlangsamung und Zunahme der Blutviskosität. Die Fließeigenschaften des Blutes können sich so verschlechtern, daß Blutzellaggregate Kapillaren und Venolen verstopfen. Durch diese so entstehenden Mikroembolien und Stasen wird die Mikrozirkulation in weiten Gefäßgebieten insuffizient, z.T. kommt sie völlig zum Erliegen (blood sludge).

Besteht dieser Zustand längere Zeit, so kommt es zu generalisierter Hypoxydase, zu Anoxie und Gewebsacidose und, wenn die Sauerstoffschuld überschritten wird, zur Nekrose¹⁰⁵.

GELIN³⁰ definiert daher den Schock als "akute hämodynamische Störung, die die Kapillardurchblutung in einem solchen Ausmaß herabsetzt, daß sich eine Geweshypoxie entwickelt, die zu funktionellen und/oder morphologischen Veränderungen führt".

2.53 Einteilung der akuten Kreislaufinsuffizienz

Die im Folgenden angestellten Überlegungen und Untersuchungen über die Beeinflussung des Blutvolumens durch intravenöse Zufuhr volumenwirksamer Flüssigkeiten lassen sich nach der bisher üblichen Einteilung der Insuffizienz des "Herz- und Kreislaufsystems" in "Herzinsuffizienz" und "Insuffizienz des peripheren Kreislaufs" nicht ihrer Bedeutung gemäß einordnen.

Der Arbeit wird daher eine neue Einteilung der akuten Kreislaufinsuffizienz nach KIRCHNER⁶⁴ zugrunde gelegt (Abb.3), in der Herz, Gefäße und Blutvolumen als die integrierenden Bestandteile des (Gesamt-) Kreislaufsystems als gleichrangige Funktionsträger nebeneinandergestellt sind.

Nach einem Vorschlag von STEIN¹⁰² werden die Erscheinungsformen der akuten Kreislaufinsuffizienz nach dem jeweils vorherrschenden Funktionszustand des Gefäßsystems - beurteilt an den Hautgefäßen - in atonische und tonische Formen eingeteilt.

Der "Schock" wird als Bezeichnung für ein klinisches Syndrom seiner Symptome wegen als eine schwere Form der akuten tonischen Kreislaufinsuffizienz in dieses Schema eingeordnet. Er kann als Ursache sowohl eine Herz- oder Gefäßinsuffizienz, als auch einen Volumenmangel aufweisen oder eine Mischform darstellen.

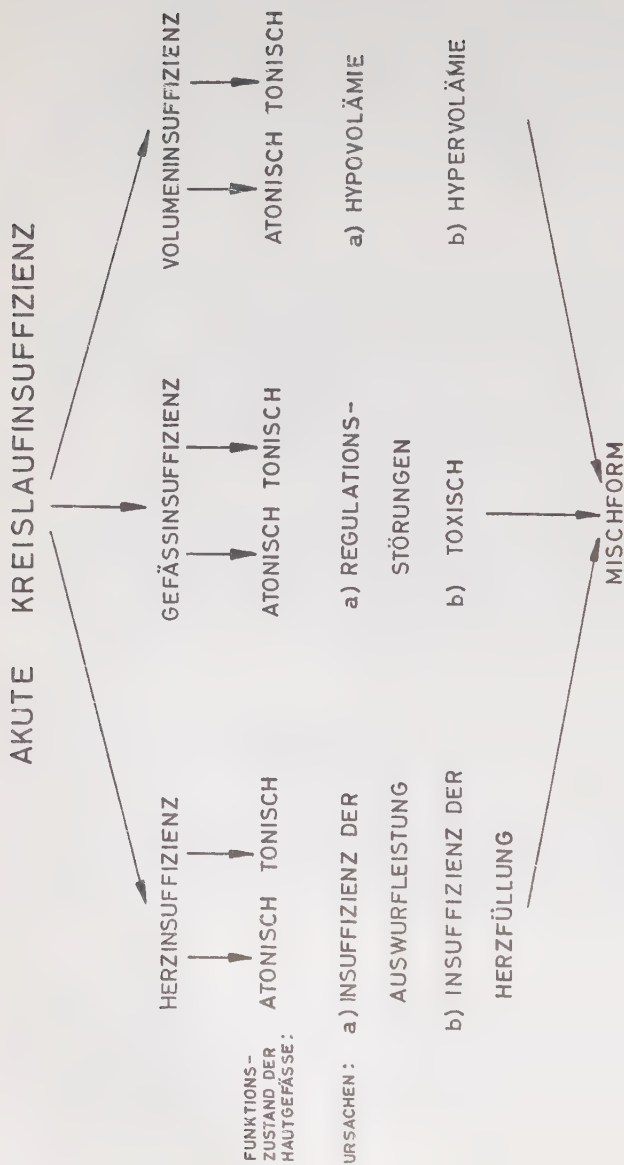


ABB. 3 : EINTEILUNG DER AKUTEN KREISLAUFINSUFFIZIENZ

3.0 Eigenschaften, Wirkungsweise und Indikationen gebräuchlicher In- fusionsmittel

Aus der zentralen Bedeutung von Flüssigkeitsverlusten für das Blutvolumen (2.5) ergibt sich die Forderung nach entsprechendem Ersatz. Die ideale Therapie ist der vollständige Ersatz der jeweiligen verlorenen Flüssigkeit zur Wiederherstellung normaler intra- und extravasaler Volumina mit entsprechender Isoionie und Isotonie. Wenn keine akute tonische Kreislaufinsuffizienz vorliegt, richtet sich die Auswahl der Infusionslösungen danach, welcher Flüssigkeitsraum (1.1) am stärksten vermindert ist.

126

Die drei Möglichkeiten einer Infusionstherapie sind:

1. die Vergrößerung des Gesamtwasserbestandes
2. die Erhöhung des extravasalen Volumens und
3. die Auffüllung des Gefäßsystems.

Die Flüssigkeitsräume kommunizieren zwar, doch läßt sich die Verteilung der Infusionsflüssigkeiten auf die einzelnen Räume durch die Zugabe geeigneter Moleküle steuern. Im Einzelnen werden besprochen:

- 3.1 Kristalloide Lösungen
- 3.2 Kolloidale Lösungen und
- 3.5 Blut und Blutderivate

3.1 Kristalloide Lösungen

3.11 Zuckerlösungen

Zuckerlösungen enthalten 5-10 %ige Glukose oder Lävulose. Sie sind bei reinen Wasserverlusten (hypertone Dehydratation, 1.21) indiziert. Außerdem dienen sie der Kalorienzufuhr.

Nach dem raschen Abbau des Zuckers im Stoffwechsel führen sie zu einer Verdünnung der Ionen im Extrazellulärraum und dringen infolge des entstehenden osmotischen Druckgefälles auch in den Intrazellulärraum ein, bis das Gleichgewicht wiederhergestellt ist. Zuckerlösungen verteilen sich also über alle Flüssigkeitsräume des Organismus^{126, 127}. Die Dosierung richtet sich nach dem tatsächlich vorhandenen Defizit und muß aufgrund des klinischen Bildes erfolgen (Durst, Oligurie, usw.).

Zuckerlösungen sind kontraindiziert, wenn nur der interstitielle oder intravasale Raum aufgefüllt werden soll. Bei Wasser- und Elektrolytverlusten aus dem Extrazellulärraum führt diese Art der Infusion zu einer Überwässerung des Intrazellulärraums (hypotone Hyperhydratation)^{51, 111}, die in ausgeprägtem Stadium neurologische Symptome durch Hirnschwellung hervorrufen kann (Wasserintoxikation)^{119, 120}.

3.12 Salzlösungen

Zum Auffüllen des extrazellulären Raumes wird eine Lösung mit der gleichen Zusammensetzung benötigt, wie sie die extrazelluläre Flüssigkeit aufweist. Sie muß die Osmolarität des Extrazellulärraumes von 155 mval/l besitzen, was durch die Zugabe von Salzen erreicht wird¹⁸.

Isotone Salzlösungen (Sterofundin, Tutofusin, NaCl-Lösung) sind indiziert bei isotoner Dehydratation (1.2), also bei Wasser- und Elektrolytverlusten durch Erbrechen, Diarrhoen usw.

Die Salzlösungen verteilen sich nach dem effektiven Filtrationsdruck (1.1) über den intravasalen und interstitiellen Raum. Da keine Änderung der Ionenkonzentration gegenüber dem Intrazellulär-
raum entsteht, findet kein Wasseraustausch durch die Zellmembran statt, und der Wasser- und Elektrolytbestand der Zellen bleibt unberührt^{126, 127}. Die Dosierung von Salzlösungen bei isotoner Dehydratation richtet sich nach der Ausprägung des klinischen Bildes (Apathie, Erbrechen, Kreislaufsymptome), da die exakte Messung der verlorengegangenen Menge von Wasser und Elektrolyten selten möglich ist.

In der Chirurgie bedient man sich der isotonen Salzlösungen zur Auffüllung des Extrazellulär-
raumes, ersetzt physiologische Verluste in der postoperativen Phase (Basistherapie¹²⁶) und vermeidet damit Schockzustände durch Dehydratation (1.2, 1.4).

Gefahren dieser Infusionsart liegen in falscher Indikationsstellung und Überdosierung. Isotone Salzlösungen sind kontraindiziert, wenn der intrazelluläre Raum aufgefüllt werden soll. Bei reinen Wasserverlusten folgt der Infusion von Elektrolytlösungen sogar Wasser aus den Zellen in das Interstitium nach¹¹¹! Eine wirkungsvolle Auffüllung der intravasalen Flüssigkeit kann mit Salzlösungen nicht erreicht werden. Selbst bei großen Infusionsmengen fand sich keine erhebliche Volumenzunahme. Um den gleichen Volumeneffekt zu erreichen, müßte im Vergleich zu kolloidalen Lösungen (3.4) eine 10mal größere Menge Kochsalzlösung infundiert werden, wodurch es zu Kochsalzintoxikationen kommen kann^{117, 119, 120}. Eine Überdosierung isotoner Salzlösungen führt zur isotonen Hyperhydratation bzw. zum Ödem^{51, 111}.

SCHWAIGER und SCHMEISER¹¹⁵ fanden bei Hundever-
suchen nach Kochsalzinfusionen, die auf das Durch-
schnittsgewicht des Menschen umgerechnet 2000-5000 ml
entsprachen, hochgradige Wandverdickungen im Bereich
der Cardia, des Fundus und oberen Corpusteils des Ma-
gens (Stenosegefahr nach Anastomosenoperationen). Die
Schleimhaut war durch Oedemblasen abgehoben. Beim Ein-
schneiden quoll aus der Schnittfläche Oedemflüssigkeit.
Die Salzlösung verließ die Blutbahn schon während der
Infusion, wie Versuche mit ²⁴NaCl-Lösungen zeigten.

SCHEGA^{103, 104} fand im Tierversuch bei Infusi-
onen isotoner Salzlösungen eine oedembedingte Ge-
wichtszunahme am Dünndarm. Die Infusionslösung ver-
ließ den Kreislauf im Tempo des Einlaufens.

3.2 Kolloidale Lösungen

3.21 Kolloidale Lösungen oder Plasmaexpander
werden zur Volumenauffüllung des Gefäßsystems benutzt.
Sie enthalten onkotisch wirksame, d.h. wasserbindende
Makromoleküle in isotoner Kochsalzlösung. Zur Zeit
werden Polyvinylpyrrolidon (als 4 %ige Lösung im
Periston), Dextran (6 %ig als Macrodex und 10 %ig
als Macrodex und Rheomacrodex) und Gelatineabköm-
linge (Haemaccel, Plasmagel, Physiogel) verwendet.

Andere kolloidale Lösungen, wie Gummi- arabicum-
Lösung, Lösungen aus Pectin, Fischleim, Pferde- oder
Rinderserum haben sich nicht bewährt und werden nicht
mehr benutzt.

Die Molekulargewichte des Polyvinylpyrrolidon
im Periston schwanken zwischen 1000 und 80000, das
mittlere Molekulargewicht liegt bei 30000¹¹⁹.

Das mittlere Molekulargewicht der dem Macrodex zugrunde liegenden Dextranfraktion beträgt 60 000. Das durchschnittliche Molekulargewicht der je 5 % hoch- bzw. niedermolekularen Anteile liegt bei 93 000 bzw. 22 000¹¹⁹. Rheomacrodex enthält Dextranfraktionen (mittleres Molekulargewicht um 38 000) mit einer besonders geringen Streuung um diesen Mittelwert³⁷.

Haemaccel enthält Gelatineabbauprodukte mit einem mittleren Molekulargewicht von 35 000 und einer Schwankungsbreite wie beim Periston^{43, 79}.

Die Kolloide der Plasmaersatzmittel weisen somit eine Polydispersie wie die Plasmaeiweißkörper auf. Die Molekulargewichte liegen jedoch unter denen der Plasmaeiweiße, deren kleinstes 60 000 (Albumin) und größtes 400 000 (Fibrinogen) beträgt.

Die Unterschiede in der Volumenwirkung und deren Dauer erklären sich durch die Verschiedenheit der mittleren Molekulargewichte und Dispersionsgrade (Streuung der Einzelmolekulargewichte). (siehe Tab.11).

Kolloidale Infusionsmittel sind dann indiziert, wenn der Intravasalraum aufgefüllt werden muß, z.B. bei der akuten tonischen Kreislaufinsuffizienz durch Blutvolumenmangel (2.53). Sie dienen weiterhin als Prophylaxe bei Oligämien (2.4) und bei alten und gefäßkranken Patienten zur Vermeidung narkose- und operationsbedingter Blutdruckabstürze. Vor der Operation wird bei diesen gefährdeten Patienten durch langsame Infusion von 2000 ml Plasmaexpander eine "induzierte Hypervolämie" erzeugt⁶⁰.

Auch nach der Operation werden Plasmaexpander zur Aufrechterhaltung einer normalen Durchblutung verwendet.

Rheomacrodex besitzt neben seiner kurzfristigen Volumenwirkung eine spezielle Indikation. Diese niedermolekulare, engbegrenzte Dextranfraktion wirkt in spezifischer Weise bei Störungen der Kapillarperfusion, soweit diese durch Änderungen der Fließeigenschaften des Blutes, im Sinne des blood sludge, verursacht sind. Es verbessert die Mikrozirkulation (2.52)^{30, 31, 32, 37, 76}.

3.22 Die Eigenschaften, das Schicksal im Organismus und die Wirkungsweise der Plasmaexpander wird am Beispiel des Dextran (Macrodex 6 %) dargestellt:

Dextran ist aus Glukosemolekülen aufgebaut, die über die C-Atome 1 und 6 zu Ketten zusammengeknüpft sind und in 1- und 4-Bindungen wenige kurze Seitenketten besitzen.

Dextran entsteht durch mikrobiologische Biosynthese. Hierbei werden primär sehr große Moleküle mit Molekulargewichten von mehreren Millionen erhalten. Durch hydrolytische Spaltung und Fraktionierung können von diesen großen Molekülen Dextranmoleküle hergestellt werden, die in ihrer Größenordnung dem Serum-Albumin entsprechen³⁵.

Die Elimination des Dextran aus der Blutbahn^{35, 54} erfolgt hauptsächlich (1.) durch die Niere und den Darm. Clearanceuntersuchungen¹¹⁹ haben gezeigt, daß beim Überschreiten von Molekulargewichten zwischen

13 000 und 20 000 die Durchtrittsgeschwindigkeit der Dextranmoleküle durch die Glomerulumkapillare sprunghaft abnimmt. Der absolute Schwellenwert für die glomeruläre Filtration liegt bei einem Molekulargewicht von 45 000. Die niedermolekularen Anteile werden deshalb schon während und kurz nach der Infusion ausgeschieden. Die höhermolekulare Dextranfraktion wandert (2.) ins Gewebe und die Lymphbahn ab, da hier keine absolute Sperre durch die Kapillarmembran vorliegt. Diese Fraktion ist bis zu 8 Tagen im Blut nachweisbar. Sie wird in Milz und Leber (3.) durch enzymatische Hydrolyse abgebaut und im Stoffwechsel der Glukose zu Kohlensäure und Wasser metabolisiert. (Im Gegensatz dazu wird Polyvinylpyrrolidon im RES gespeichert¹²⁵.)

Die Wirkung des Dextran im Intravasalraum besteht⁸³

1. in einer Blutvolumenzunahme,
2. in einer Vermehrung des zirkulierenden Eiweiß und
3. in einer Erythrocytenvolumenvergrößerung.

zu 1.: Obwohl der Organismus im Extravaskularraum über ein Mehrfaches der bei Blutvolumenverlusten verlorengehenden Flüssigkeitsmenge verfügt(1.1), findet wegen des Verlustes an Plasmaproteinen kein genügender Volumenersatz statt. Mit der Infusion von Dextran wird der onkotische Druck des Blutes wieder erhöht, so daß zu der infundierten Flüssigkeitsmenge extravasale Flüssigkeit einströmt.

zu 2.: Nach Dextraninfusionen nimmt die Serum-eiweißkonzentration als Ausdruck der erreichten Volumenzunahme ab. Dabei steigt die Gesamtmenge des zirkulierenden Eiweißes jedoch an. Die Ursache hier-

für liegt in der selektiven Störung der Austauschvorgänge an der Kapillarmembran. Während der Einstrom des extravasalen Eiweißes in die Gefäßbahn (über die Lymphbahnen) ungestört bleibt, ist der Abstrom des Plasmaproteins gestört. Nach OEFF⁸³ passieren die Dextranmoleküle die Kapillarmembran schneller als die Eiweißmoleküle und behindern den Proteinabstrom. Die Zunahme der zirkulierenden Eiweißmenge wird nach KOZOLL⁶⁹ als Autoinfusion bezeichnet und erklärt die Tatsache, daß die Blutvolumenzunahme nach Macrodexinfusionen die infundierte Menge weit überschreitet.

zu 3.: Die Zunahme des Erythrocytenvolumens beruht auf der Eröffnung und Mobilisierung nicht durchströmter Kapillargebiete. Trotzdem sinken Hämatokrit, Hämoglobin und Erythrocytenzahl/mm³ ab⁸².

3.23 Die Dosierung der Plasmaexpander richtet sich nach dem Ausmaß des Blutverlustes. Blutvolumenmessungen stellen eine wertvolle Hilfe bei der Ersatztherapie dar. Der Blutdruck, die Pulsfrequenz und der Hämatokritwert als Richtlinien genügen nicht^{17,22,133}, insbesondere, wenn eine Zentralisation die Kreislagsituation verschleiern. Farbe, Feuchtigkeit und Durchblutung der Haut und Kapillarfüllungszeit (Fingernagelbett) müssen zusätzlich beurteilt werden⁶⁴. Wenn eine Zentralisation vermutet wird, gibt eine Probe mit einem Sympatholytikum (Hyderginprobe) Auskunft, ob der Blutdruck "echt" ist, d.h. nicht durch eine erhöhte Sympathikusaktivität bestimmt wird⁶².

3.24 Die Erfahrung der letzten Jahre hat gezeigt, daß es bei der Auffüllung von Blutverlusten oder bei der Therapie einer akuten tonischen Kreislaufinsuffizienz nicht so sehr auf die Zufuhr von Sauer-

stoffträgern (Erythrocyten, Vollblut) ankommt, als vielmehr auf die Normalisierung bzw. Anpassung des zirkulierenden Blutvolumens an das Gefäßsystem¹⁰⁶.

Mit 50 % der Erythrocyten kann auch ein akuter Blutverlust überstanden werden⁵, wenn dafür gesorgt wird, daß die Durchblutung in allen Gefäßgebieten ausreichend ist. Dazu bedarf es im Schock immer einer Hypervolämie von 10-20 %⁵⁸.

Plasmaexpander (Macrodex 6 %, Periston) sind zur Volumenauffüllung hervorragend geeignet^{94,96}, weil sie

1. das Blutvolumen schnell und anhaltend vermehren,
2. sofort (ohne Kreuzprobe) anwendbar sind,
3. im Schock keine Nebenwirkungen zeigen,
4. sterilisierbar und pyrogenfrei sind,
5. industriell in großen Mengen hergestellt werden und
6. bei Zimmertemperatur gelagert werden können.

3.3 Blut und Blutderivate

3.31 Blut

Nach der vorherrschenden Meinung ist Blut der beste Flüssigkeitersatz bei Blutverlusten, da es die größte Indikationsbreite aufweist und Flüssigkeit, Eiweiß und Erythrocyten bei der Infusion zuführt. Nach SCHNEIDER¹⁰⁶ sollen Bluttransfusionen aber nur dann gegeben werden, wenn sie wegen eines stark erniedrigten Hämatokritwertes erforderlich erscheinen. Blut ist vor allen Dingen dann nicht der beste Volumenersatz, wenn durch starke Plasmaverluste bereits eine Hämokonzentration besteht und / oder die Mikrozirkulation durch Aggregation

von Blutzellen und Erhöhung der Blutviskosität erheblich beeinträchtigt ist.

Vollblut ist dann notwendig, wenn durch einen schweren Blutverlust dem Organismus Plasmavolumen plus Zellvolumen verloren gegangen ist, so daß die Sauerstoffversorgung der Gewebe beeinträchtigt ist. Es dient also einerseits der Stabilisierung des Kreislaufs, andererseits der Erhöhung der Sauerstofftransportkapazität und Vermeidung einer Hypoxie.

Die Einschränkung der Indikationsbreite für Bluttransfusionen liegt in ihren erhöhten Gefahren⁴⁸, 57, 71, 74, 106, 128 gegenüber anderen Infusionsmitteln und den Nachteilen der Beschaffung und Lagerung ausreichender Blutmengen.

Die Gefahren der Bluttransfusion bestehen in

1. Hämolyse durch Unverträglichkeit von Spender- und Empfängerblut. Sie macht die Kreuzprobe unumgänglich.
2. Eiweißunverträglichkeit,
3. Übertragung von Hepatitis, Lues oder Malaria,
4. Verstärkung der Thrombosegefahr bei Überinfusion,
5. Citratintoxikation,
6. pyrogene und allergische Reaktionen und
7. Auftreten von Blutungsneigung und hämorrhagischen Diathesen.

Nach KOSLOWSKI und KOLDE⁶⁸ traten bei 21,8 % von 2220 Fällen Störungen nach Bluttransfusionen auf.

Die Beschaffung ausreichender Blutmengen und ihre Lagerung bedürfen eines gut organisierten, kostspieligen Bluttransfusionswesens.

3.32 Blutderivate

In neuerer Zeit werden statt Vollbluttransfusionen immer mehr die erforderlichen Blutfraktionen verwendet^{39, 91, 107}. Diese sind:

1. Plasma. Plasmainfusionen werden bei reinen Plasmaverlusten und Mangel an Serumeiweißen gegeben. Die Zwischenfälle nach Plasmainfusionen sind geringer als nach Vollbluttransfusionen und liegen nach KOSLOWSKI und KOLDE⁶⁸ bei 10,2 %, nach SCHNEIDER¹⁰⁶ bei 3,4 %.

2. Humanalbumin hat die gleichen Indikationen.

3. Erythrocytenkonzentrate sind angezeigt, wenn die Erhöhung des Erythrocytenvolumens und des Hämoglobins ohne gleichzeitige Vermehrung des Volumens erwünscht ist, also bei primären Anämien, Plasmocytom, usw.

4. Thrombocyten-, Leukocyten-, Fibrinogen- oder Gammaglobulinkonzentrate dienen speziellen Indikationen.

III. Spezieller Teil

1.0 Eigene Untersuchungen

1.1 Krankengut

Die Auswirkung einer präoperativ "induzierten Hypervolämie" (Teil II 3.21) auf das Blutvolumen am Operationsende und postoperativer Infusionen von Sterofundin SK-L, Macrodex 6 % und Bluttransfusionen wurden an 57 Patienten (38 Männern und 19 Frauen) untersucht, die sich folgenden Operationen unterziehen mußten: Cardiaresektion (2), Gastrektomie (5), Billroth II (eine Revision) (3), Gastrotomie (1), Witzelfistel (2), Gastroenterostomie (1), partieller Noble (1), Appendektomie (1), Rectumamputation (2), Gallenblasendrainage (1), Excision eines Magenpolypen (2), Lobektomie (2), Entfernung eines Mediastinalteratoms (1), Mitralkommissurotomie (4), Strumaresektion (4), Entfernung eines Epitelkörperadenoms (8), Ablatio mammae (1), Endarteriektomie (1), Lippenkeilexcision, Verschiebeplastik (1), Rush-pin-nagelung (1). Zwei Patienten wurden nicht operiert.

Bei 34 Patienten wurde wegen des hohen Alters, schlechten Allgemeinzustandes (Carzinom), der Schwere der Operation (Lobektomie, Mitralkommissurotomie) usw. präoperativ prophylaktisch eine Hypervolämie erzeugt. Diese Patienten erhielten an den beiden Tagen vor der Operation jeweils vormittags von 8-9 und nachmittags von 16-17 Uhr 500 ml Macrodex 6%, also insgesamt 2000 ml kolloidale Lösung, i.v. infundiert. Zum Operationsbeginn wird dadurch eine durchschnittliche Zunahme des Blutvolumens um 20 % erreicht⁵⁹.

Bei 23 Patienten wurde diese präoperative Infusionsprophylaxe nicht durchgeführt, da bei ihnen nach der klinischen Erfahrung keine intra- und postoperativen Kreislaufstörungen zu erwarten waren.

1.2 Einteilung des Krankenguts

Das Krankengut wurde nach der Art der postoperativ verwendeten Infusionen in Gruppen mit kristalloiden-Sterofundin SK-L - (Gruppe 1.21) und kolloidalen Lösungen - Macrodex 6 % - (Gruppe 1.22) und Bluttransfusionen (Gruppe 1.23) unterteilt.

In diesen Gruppen wurden wiederum die gefährdeten Patienten, die vor der Operation Macrodexinfusionen erhielten (Gruppen 1.212, 1.222 und 1.232) den Kreislaufgesunden ohne präoperative Infusionen gegenübergestellt (Gruppen 1.211, 1.221 und 1.231).

3 Einzelfälle werden gesondert besprochen.

Aus dieser Unterteilung ergaben sich folgende Gruppen:

Postoperative Infusion	Präoperativ keine Infusion	Induzierte Hypervolämie
1. Kristalloide Lösungen: Sterofundin SK-L	Gruppe 1.211 (n=7)	Gruppe 1.212 (n=8)
2. Kolloidale Lösungen: Macrodex 6 %	Gruppe 1.221 (n=6)	Gruppe 1.222 (n=13)
3. Blut	Gruppe 1.231 (n=9)	Gruppe 1.232 (n=11)
4. Einzelfälle	(n=3)	

Tabelle 2: Einteilung des untersuchten Patientenguts

1.3 Blutvolumenmessung

1.31 Es wurden die Blutvolumenänderungen unter der Infusionstherapie nach Operationen gemessen. Dazu dienten Serienbestimmungen des Blutvolumens mit RISA (radioactive iodinated human serum albumin) in vierstündlichem Abstand möglichst über 24 Stunden oder länger. Der erste Blutvolumenwert wurde nach der Operation auf der Wachstation bestimmt. Zwischen Operationsende und erster Blutvolumenmessung verging maximal eine halbe Stunde.

Für jede Patientengruppe wurden die Mittelwerte aus den Messungen errechnet, die zum gleichen Zeitpunkt nach der Operation ausgeführt wurden. Der Mittelwert der ersten Blutvolumenmessung, die zur Zeit Null = Zeit des Operationsendes bestimmt wurde, wurde BV_0 genannt. Der Mittelwert der vier Stunden später gemessenen Blutvolumina wurde mit BV_4 bezeichnet. Entsprechend ergaben sich BV_8 , BV_{12} , BV_{16} , BV_{20} und BV_{24} .

Zum Vergleich der einzelnen Gruppen untereinander wurde die prozentuale Abweichung der Mittelwerte gegenüber dem gleich Null % gesetzten Sollblutvolumen errechnet. Als Sollblutvolumen wurden die Normalwerte von 70 ml/kg Körpergewicht für Männer und 65 ml/kg Körpergewicht für Frauen zugrunde gelegt.

1.32 Während der Zeit der Untersuchung hielten die Patienten Bettruhe ein. Es gab keine Ereignisse, die eine Änderung der Durchblutung bewirkt hätten, wie Schreck, Kälte, Lärm, Lageänderung. Für die Messungen lag die durchschnittliche ^{131}Jod dosis bei $4 \mu\text{C}$, die ungefähr dem 20. Teil der Strahlenbelastung eines Thoraxröntgenbildes entspricht²⁹. Sie wurde für jede Bestimmung neu injiziert. Die Durchmischungszeit betrug genau 10 Minuten (Kurzzeitmesser). Bei jeder Messung wurde in die großen Armvenen der einen Seite injiziert und der 10-Minutenwert am anderen Arm entnommen. Zur Vermeidung des Austritts von Aktivität bei Abnahme der Spritze von der Injektionskanüle wurde in die Spritze 0,5 ml Luft eingesogen und zum Ausblasen des RISA benutzt. Als zusätzliche Sicherung wurde über einen Absperrhahn injiziert, der unmittelbar nach dem Einspritzen mit 10 ml Kochsalzlösung nachgespült wurde. Ein Verlust von Aktivität aus der Kanüle in Tupfer oder auf die Haut konnte dadurch zuverlässig vermieden werden. Die Blutentnahme erfolgte unter leichter Stauung am Oberarm nach Ablassen von 1-2 ml Blut.

1.33 Zur Blutvolumenbestimmung wurde das von WILLIAMS und FINE¹²⁹ in Zusammenarbeit mit der Atomium Corporation 1961 entwickelte VOLEMETRON benutzt. Das Volemetron ist ein fahrbares, halbautomatisches Gerät, mit dem das Blutvolumen in 20 Minuten gemessen werden kann. Aus Sicherheitsgründen ist das Volemetron mit einer Alarmvorrichtung ausgestattet, die die Benutzung von RISA-Dosen unter $1 \mu\text{C}$ und über $5 \mu\text{C}$ verhindert. Zur Überprüfung des Gerätes dient eine Standardkalibrationsdosis mit einem langlebigen Isotopen, mit der das Volemetron in täglichen Abständen kontrolliert wurde. Bei der Messung wurden Spritzen und Röhrchen aus Kunststoff benutzt, die nach dem Gebrauch vernichtet wurden (radioaktiver Müll).

1.34 Das Messprinzip beruht auf der Verdünnung von RISA als Testsubstanz im Blut. Verteilt sich das RISA gleichförmig in dem unbekannten Blutvolumen V , so läßt sich V durch die Menge der injizierten Testsubstanz N und die Konzentration n der Testsubstanz in einer Blutprobe bestimmen. Es ist

$$V = \frac{N}{n}$$

Genau definiert ist V der Raum, in den das RISA in der Zeit zwischen Injektion und Entnahme der Blutprobe, der Mischzeit, diffundieren kann. Beträgt die Mischzeit 10 Minuten, so kann man ihn als "10-Minuten-Mischzeitraum" oder "10-Minuten-Albuminraum" bezeichnen. Er entspricht bei optimaler Durchblutung des Intravascularraums dem Gesamtblutvolumen. Um vergleichbare Werte zu erhalten, hielten wir uns an die von WILLIAMS und FINE¹²⁹ angegebene Durchmischungszeit von 10 Minuten.

1.35 Beim Meßvorgang löst das Volemetron die Gleichung $V = \frac{N}{n}$ in drei Stufen, wobei die beiden ersten der Bestimmung von N, die letzte der Bestimmung von n dienen.

In der ersten Stufe (Abb. 4) wird die Radioaktivität des RISA in der zur Injektion vorgesehenen Dosisspritze nach dem Prinzip der geometrischen Abschwächung der Aktivität gemessen. Über die Scintillationsdetektoren wird dem Zähl Speicher ein bekannter, konstanter Bruchteil der Anzahl radioaktiver Zerfallsvorgänge übermittelt. Der Zählvorgang dauert eine konstante, voreingestellte Zeit (von 45 Sekunden bei dem benutzten Gerät). Der Nulleffekt (background activity) wird mitgezählt. Das Meßergebnis wird im Zähl Speicher gespeichert.

Nach der Injektion der Testdosis führt man die Spritze wiederum in das Gerät ein und mißt in der zweiten Stufe (Abb. 5) die Restaktivität, die uneingespritzt zurückbleibt, in der gleichen voreingestellten Zeit. Dieser Wert wird automatisch von dem aus der ersten Stufe subtrahiert, für den Nulleffekt in beiden Stufen korrigiert und als Nettodosis der injizierten Radioaktivität im Zähl Speicher "gemerkt".

In der dritten Stufe (Abb. 6) wird n durch die Messung der Aktivität definierter Blutmengen von je ca. 8 ml, die vor und genau 10 Minuten nach der Injektion der Testdosis entnommen werden, bestimmt. Die Zählraten dieser Vor- und Nachmischproben werden gleichzeitig in den Bohrlochscintillationsmeßsonden einzeln gemessen. Die Differenz beider Proben wird vom Zählerstand aus Stufe 2 abgezogen. Dieser Vorgang dauert so lange, bis der Zähler wieder auf Null eingestellt ist. Die vergehende Zeit wird von einer Uhr automatisch gemessen und ist dem gesuchten Volumen V proportional, das in Litern auf einer Skala angezeigt wird.

1.36 Das Gerät vermeidet bei der Messung von N Fehler aus Schwankungen des Nulleffekts während des Meßvorganges, Fehler durch den Aktivitätsverlust durch Adsorption von RISA an Glaswaren und Fehler durch den Verlust von Restaktivität, die durchschnittlich $1,9 \% \pm 1,2 \%$ beträgt. Ungenauigkeiten bei der Bestimmung von n aufgrund persistierender Radioaktivität in der Blutbahn von vorhergehenden Untersuchungen werden durch die Messung des jeweiligen Blutaktivitätsspiegels in der Vormischprobe vermieden. Obwohl der Zählintervall in der dritten Stufe nur 45 sec/l Blutvolumen dauert, wird die mögliche Beeinflussung der Zählrate durch Sedimentation der Erythrocyten berücksichtigt. Die Genauigkeit der Volumenablesung durch den Empfänger (Detektor) des Geräts ist $\pm 0,5 \%$, wenn die Röhrchen der Vor- und Nachmischprobe bis zur oder über die angegebene Niveaulinie, über die der Empfänger nicht "sehen" kann, gefüllt ist.

1.34 Die Fehlerbreite der Methode wurde inzwischen von mehreren Autoren untersucht.

WILLIAMS und FINE¹²⁹ berechneten die Genauigkeitsgrenzen der Messungen mit dem Volemetron und prüften RISA als Testsubstanz durch wiederholte Bestimmungen bekannter Wasservolumina. Die berechneten Daten berücksichtigen Fehlerquellen, wie Ungenauigkeiten der statistischen Zählung, volumetrischen Veränderungen in den Meßbehältern, Fehler im automatischen "timer" und Ungenauigkeiten in der Anzeige des Resultats. Die gemessenen Werte lagen alle innerhalb der berechneten Grenzen.

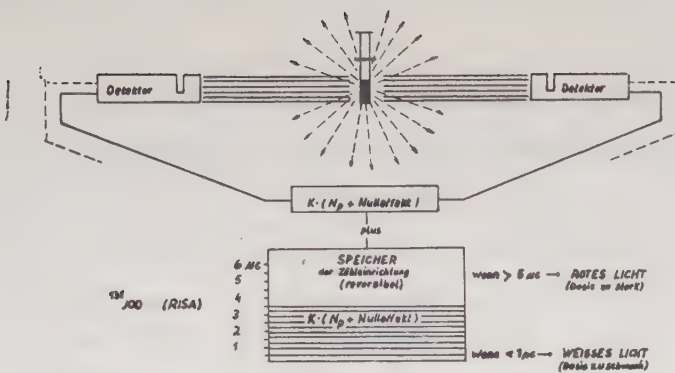


Abb. 4: Stufe I der Blutvolumenmessung (siehe Text)

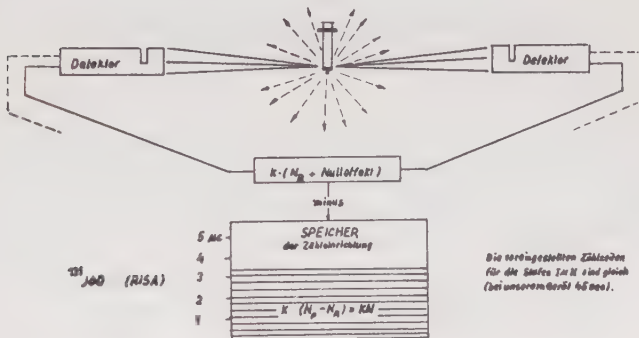


Abb. 5: Stufe II der Blutvolumenmessung (siehe Text)

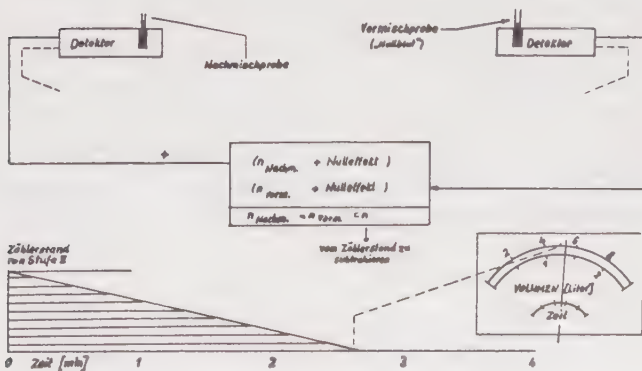


Abb. 6: Stufe III der Blutvolumenmessungen (siehe Text)

Dosis des injizierten RISA in μC	Serienblutvolumenbestimmungen				
	1. %	2. %	3. %	4. %	5. %
5 (Maximum)	$\pm 1,5$	$\pm 2,2$	$\pm 2,9$	$\pm 3,6$	$\pm 4,3$
3 (Durchschnitt)	$\pm 1,7$	$\pm 2,5$	$\pm 3,2$	$\pm 4,0$	$\pm 4,7$
1 (Minimum)	$\pm 2,8$	$\pm 4,0$	$\pm 5,0$	$\pm 6,0$	$\pm 6,8$

Tabelle 3: Genauigkeit der Volumenbestimmung
für aufeinanderfolgende Messungen
des gleichen Volumens

ALLGÖWER und STUDER³ prüften bei Fehlerbreite des Volemetrons an 11 gesunden Versuchspersonen durch dreimalige Messung des Blutvolumens innerhalb von 20 Minuten, wobei die beiden ersten Bestimmungen kurz aufeinander folgten. Das Ergebnis war ± 3 %. Bessere Werte konnten mit anderen Methoden bisher nicht erreicht werden.

GRUBER und SIEGRIST³⁶ führten 10 Eimermodellversuche durch, indem sie 5,5 l einer Mischung von Wasser und Plasmaexpander im Verhältnis 1:10 in Plastikeimer abfüllten, und das Volumen wie bei einer Messung am Menschen bestimmten. Dann wurde dem Gemisch 400 ml entnommen und 500 ml Wasser zugegeben. 50 und 200 Minuten nach Bestimmung des Ausgangsvolumens wurden erneute Messungen durchgeführt. Die mittlere Standardabweichung betrug $\pm 2,9$ %.

SCHOLER und SCHNÖS¹⁰⁹ erhielten bei Modellversuchen in wässriger Lösung, Ascites, Ochsenblut und verdünnter Milch Ergebnisse von ± 5 %.

KIRCHNER, HUNDESHAGEN und GRAUL⁶⁵ gaben einen methodischen Fehler von $\pm 2,2$ % an. An 40 Patienten führten sie in möglichst schneller Folge (16 - 20 Minuten) Doppelbestimmungen des "10-Minuten-Albuminraums" mit RISA durch.

1.4 Weitere Untersuchungen

24 Stunden vor und nach den Operationen wurden der Hämatokrit (1.) in Wintroberöhrchen (30 min. bei 3000 U/min.), das Hämoglobin (2.) mit der Cyanmethämoglobinmethode und die Erythrocytenzahlen (3.) in der Zählkammer nach Thoma-Zeiss bestimmt.

Zur Kontrolle der Diurese wurden die Harnmenge (4.) und das spezifische Gewicht (5.) in zwei Phasen gemessen. Die erste Phase umfaßte 8 Stunden nach Operationsende (3. Blutvolumenmessung), die zweite dauerte von der 8.-20. Stunde nach der Operation (6. Blutvolumenmessung).

Die Infusionsart und -menge wurde prae-, intra- und postoperativ genau kontrolliert (6.).

In 26 Fällen konnten gemeinsam mit HAMMAMI⁴¹ Differenzen aus intraoperativen Blutverlust und -ersatz errechnet werden (7.).

Zur klinischen Beurteilung der Patienten wurden vor jeder Blutvolumenbestimmung der Blutdruck und die Pulsfrequenz gemessen und die Durchblutung begutachtet (8.).

2.0 Ergebnisse

2.1 Im Folgenden werden zunächst die untersuchten Patienten in den einzelnen Gruppen, dazu Geschlecht (G), Alter (A), Körpergewicht (K), Diagnose (D) und Therapie (Th) aufgeführt:

2.11 Patienten der Gruppe 1.211

Nr.	G	A	K	D	Th
1.	m	38	84	Hyperparathyreoidismus	Adenomentfernung
2.	m	41	85	Cholelithiasis	Cholecystektomie
3.	m	38	67	Ulcus ventriculi	Billroth II
4.	w	38	62	Struma	Strumaresektion
5.	m	34	72	Unfall	Unfallversorgung
6.	w	20	58	Struma	Strumaresektion
7.	w	43	75	Appendizitis	Appendektomie

2.12 Patienten der Gruppe 1.212

Nr.	G	A	K	D	Th
8.	m	62	72	Magenausgangstenose	Magenresektion
9.	m	64	58	Lippencarzinom	Keilexcision + Plastik
10.	w	59	75	Gastritis	Gastrotomie + PE
11.	w	36	70	Mitralstenose	Mitralkommissurotomie
12.	w	37	65	Cholecystitis	Cholecystektomie
13.	w	43	63	Hyperparathyreoidismus	Adenomentfernung
14.	w	68	70	Mammacarcinom	Ablatio mammae
15.	w	69	65	Pankreaskopfcarcinom	Choledochoduodenostomie

2.13 Patienten der Gruppe 1.221

Nr.	G	A	K	D	Th
16.	m	30	88	Hyperparathyreoidismus	Adenomentfernung
17.	m	36	67	Hyperparathyreoidismus	Adenomentfernung
18.	w	73	75	Verschlußikterus	keine Operation
19.	m	65	50	Cholelithiasis	Cholecystektomie
20.	w	37	55	Cholelithiasis	Laparotomie + Drainage
21.	w	35	65	Struma	Strumektomie

2.14 Patienten der Gruppe 1.222

Nr.	G	A	K	D	Th
22.	m	55	62	Bronchialcarzinom	Lobektomie
23.	m	60	61	Ulcus ventriculi	Billroth II
24.	m	24	71	Mitralstenose	Mitralkommissurotomie
25.	m	45	65	Hyperparathyreoidismus	Adenomentfernung
26.	m	58	79	Cholelithiasis	Cholecystektomie
27.	m	77	60	Pylorusstenose	vordere Gastroenterostomie
28.	m	57	59	Cholelithiasis	Cholecystektomie
29.	m	40	67	Hyperparathyreoidismus	Adenomentfernung
30.	m	23	78	Unfall	Witzelfistel
31.	w	39	54	Mediastinalteratom	Thoracotomie + Entfernung
32.	w	36	65	Mitralstenose	Mitralkommissurotomie
33.	w	34	48	Hyperparathyreoidismus	Adenomentfernung
34.	m	19	58	Rectumcarzinom	Rectumamputation

2.15 Patienten der Gruppe 1.231

Nr.	G	A	K	D	Th
35.	m	34	69	Cholelithiasis	Cholecystektomie
36.	m	68	63	Ileus	partieller Noble
37.	m	59	69	Cholelithiasis	Cholecystektomie
38.	m	59	70	Iliacastenose	Endarteriektomie
39.	m	64	75	Humerusfraktur	Rush-pin
40.	w	41	72	Strumarezidiv	Strumektomie
41.	m	44	56	Cholelithiasis	Cholecystektomie
42.	w	51	48	Magenpolyp	Excision
43.	w	50	59	Zustand nach B II	Revision

2.16 Patienten der Gruppe 1.232

Nr.	G	A	K	D	Th
44.	m	67	70	Rectumcarzinom	Rectumamputation
45.	m	64	59	Cardiacarzinom	Cardiaresektion
46.	m	61	70	Magencarzinom	Magenresektion
47.	m	60	65	Pankreaskopfcarzinom	Cholecystoduodenostomie
48.	m	55	51	Magencarzinom	Witzelfistel
49.	m	64	55	Bronchialcarzinom	Lobektomie
50.	m	56	77	Cholelithiasis	Cholecystektomie
51.	w	67	45	Magencarzinom	Gastrektomie
52.	m	51	65	Mitralstenose	Mitralkommissurotomie
53.	m	75	65	Magencarzinom	Magenresektion
54.	m	72	52	Magencarzinom	Magenresektion

2.17 Einzelfälle

Nr.	G	A	K	D	Th
55.	m	41	51,5	Cardiacarzinom	Cardiaresektion
56.	m	44	70	Nebennierenadenom	Adenomentfernung
57.	m	72	82	maligner Magenschleimhautpolyp	Excision

2.2 Die Einzelergebnisse der Blutvolumenmessungen $BV_0 - BV_{24}$ jedes Patienten, die Mittelwerte der einzelnen Gruppen und die prozentuale Abweichung der Mittelwerte gegenüber dem gleich Null % gesetzten Sollblutvolumen (1.31) sind in den Tabellen 4 - 9 wiedergegeben. Die Abbildungen 7 - 12 zeigen die entsprechenden Kurven einschließlich der Infusionsart- und menge.

2.21 Ergebnisse der Gruppe 1.211

Nr.	BV_0	BV_4	BV_8	BV_{12}	BV_{16}	BV_{20}	BV_{24}	(BV_{28})
1	6,18	5,98	5,57	5,71	5,65	5,32	5,20	5,40
2	5,00	5,03	5,31	4,82	4,90	4,62		
3	4,92	4,68	4,71	4,89	4,62	4,40	4,33	
4	4,08	4,15	3,75	3,62	3,48	3,59	3,28	
5	3,71	3,94	3,69	3,82	3,95	3,62	3,60	
6	3,68	3,25	3,36	3,10	3,20	3,02		
7	3,52	3,21	3,40	3,32	3,50			
a	4,44	4,32	4,25	4,18	4,20	4,09	4,10	
b	-9,0%	-11,5%	-13,1%	-14,4%	-13,9%	-16,2%	-16,0%	

Tabelle 4: Einzelwerte $BV_0 - BV_{24}$ in l der Patienten Nr.1 - 7, Mittelwerte (a) und prozentuale Abweichung der Mittelwerte gegenüber dem gleich Null % gesetzten Sollblutvolumen (b) bei einem Soll-BV von 4,88 l

2.22 Ergebnisse der Gruppe 1.212

Nr.	BV ₀	BV ₄	BV ₈	BV ₁₂	BV ₁₆	BV ₂₀	BV ₂₄	(BV ₂₈	BV ₃₂)
8	5,75	5,41	4,95	4,73	4,68	4,76	4,62	4,85	4,72
9	5,60	5,00	5,21	5,09	4,82				
10	5,15	4,92	4,75	4,65	4,86	4,52	4,62	4,55	
11	4,82	4,61	4,40	4,28	3,94				
12	4,60	4,22	4,05	3,81	3,98	3,35	3,45		
13	4,52	4,08	3,87	3,62	3,75	3,81	3,92		
14	4,20	4,01	3,61						
15	3,81	3,92	3,72	3,57	3,33				
a	4,81	4,52	4,36	4,25	4,19	4,21	4,15		
b	+7,1%	+0,9%	-2,7%	-5,1%	-6,5%	-5,8%	-7,3%		

Tabelle 5: Legende entsprechend zu Tabelle 4
für die Patienten Nr. 8 - 15 bei einem Soll-BV von
4,48 l

2.23 Ergebnisse der Gruppe 1.221

Nr.	BV ₀	BV ₄	BV ₈	BV ₁₂	BV ₁₆	BV ₂₀	BV ₂₄	(BV ₂₈)
16	5,23	5,60	5,50	5,61	5,40	5,21		
17	4,35	4,48	4,51	4,41	4,32	4,17	4,29	4,05
18	4,08	3,99	3,70	3,45	3,52	3,38		
19	3,84	4,26	4,45	4,25				
20	3,55	3,62	3,25	3,55	3,40			
21	3,45	3,70	3,69	3,47	3,52	3,33	3,58	
a	4,08	4,24	4,18	4,13	4,03	4,01	3,94	
b	-9,7%	-6,2%	-7,5%	-8,6%	-11,0%	-11,2%	-12,8%	

Tabelle 6: Legende entsprechend zu Tabelle 4
für die Patienten Nr. 16 - 21 bei einem Soll-BV von
4,52 l

2.24 Ergebnisse der Gruppe 1.222

Nr.	BV ₀	BV ₄	BV ₈	BV ₁₂	BV ₁₆	BV ₂₀	BV ₂₄	(BV ₂₈)
22	5,72	5,58	5,47	5,21	5,09			
23	5,48	5,38	5,13	4,86	4,92	4,73	4,85	
24	5,20	5,69	5,31	4,99	4,73	4,69		
25	4,80	5,01	5,11	4,78	4,81	4,95	4,96	4,76
26	4,78	4,74	4,94	4,85	4,42	4,56	4,61	
27	4,36	4,15	3,98	4,03				
28	4,29	4,81	4,61	4,59	4,45	4,28	4,15	
29	4,26	4,18	4,42	4,25	4,20	3,99	3,87	
30	3,90	4,18		4,05				
31	3,82	3,99	3,85	3,68	3,80	3,52	3,61	3,45
32	3,67	3,52	3,78	3,61	3,75	3,48	3,66	
33	3,40	3,85	3,92	3,65	3,41	3,40	3,38	
34	3,29	3,51	3,65	3,30	3,25			
a	4,38	4,51	4,52	4,29	4,26	4,18	4,14	
b	+0,3%	+3,2%	+3,3%	-1,8%	-2,5%	-4,3%	-5,3%	

Tabelle 7: Legende entsprechend zu Tabelle 4
für die Patienten Nr. 22 - 34 bei einem Soll - BV
von 4,37 l

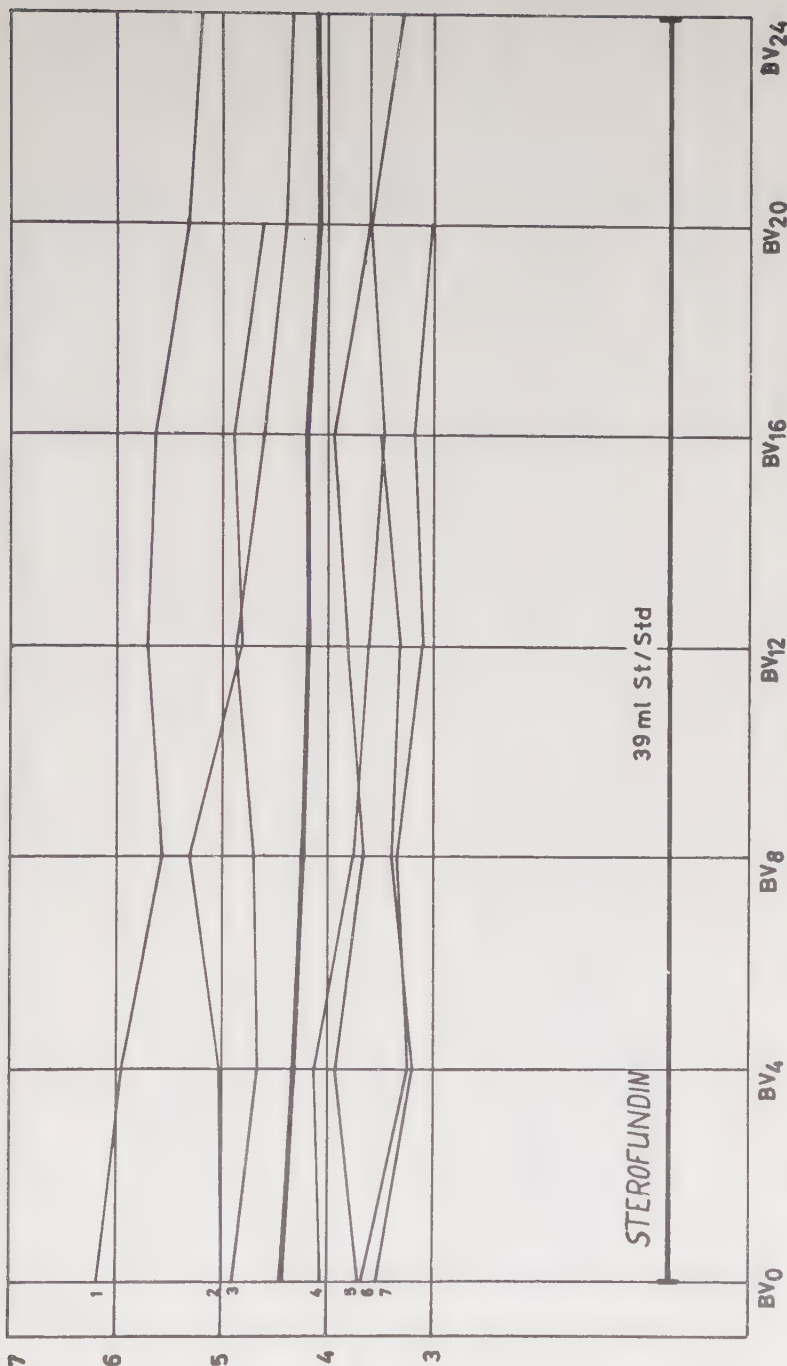


Abb. 7: Einzelwerte der Blutvolumenmessungen BV₀-BV₂₄ der Patienten Nr. 1-7 (Gruppe 1.211), Mittelwertskurve (fett), Infusionsart und -menge

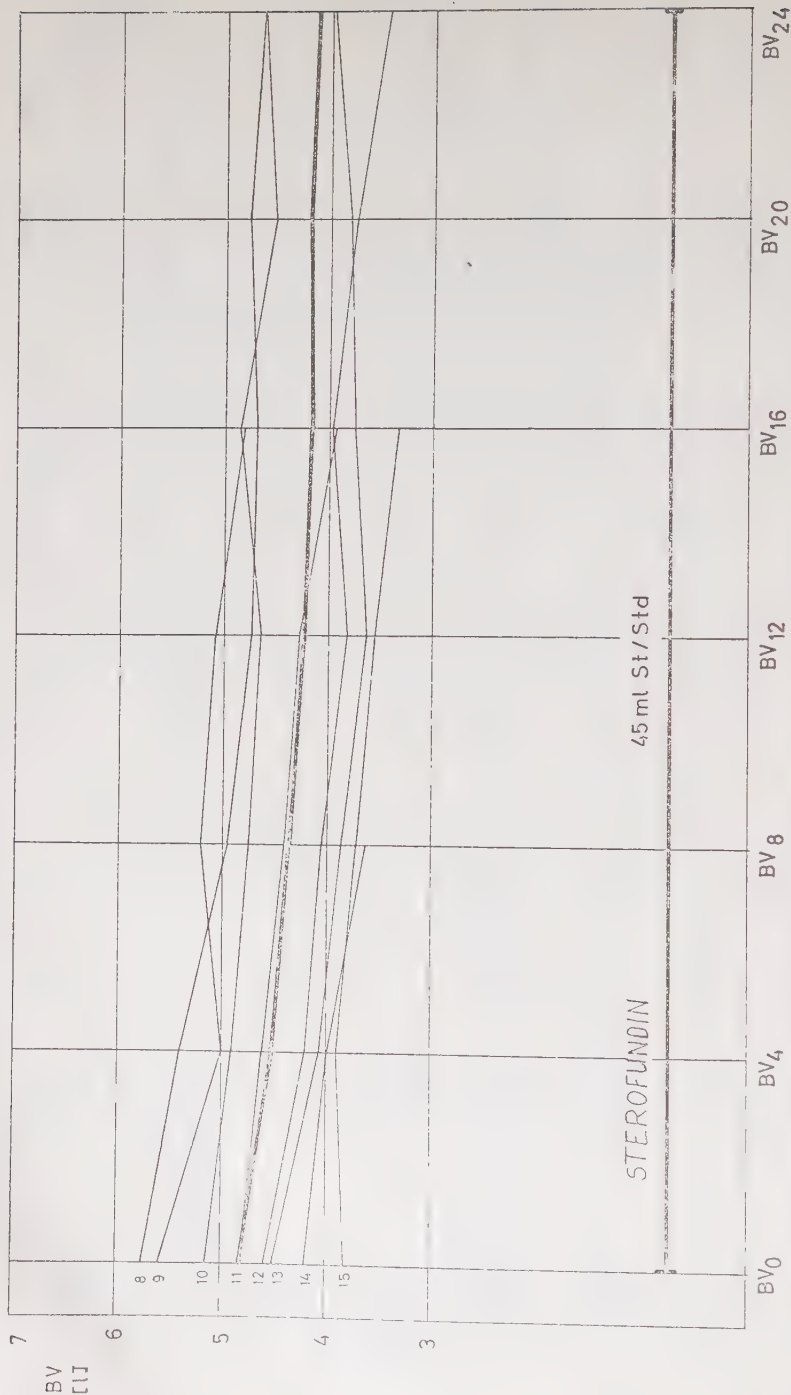


Abb.8: Legende entsprechend zu Abb.7 für die Patienten Nr. 8-15 (Gruppe 1.212)

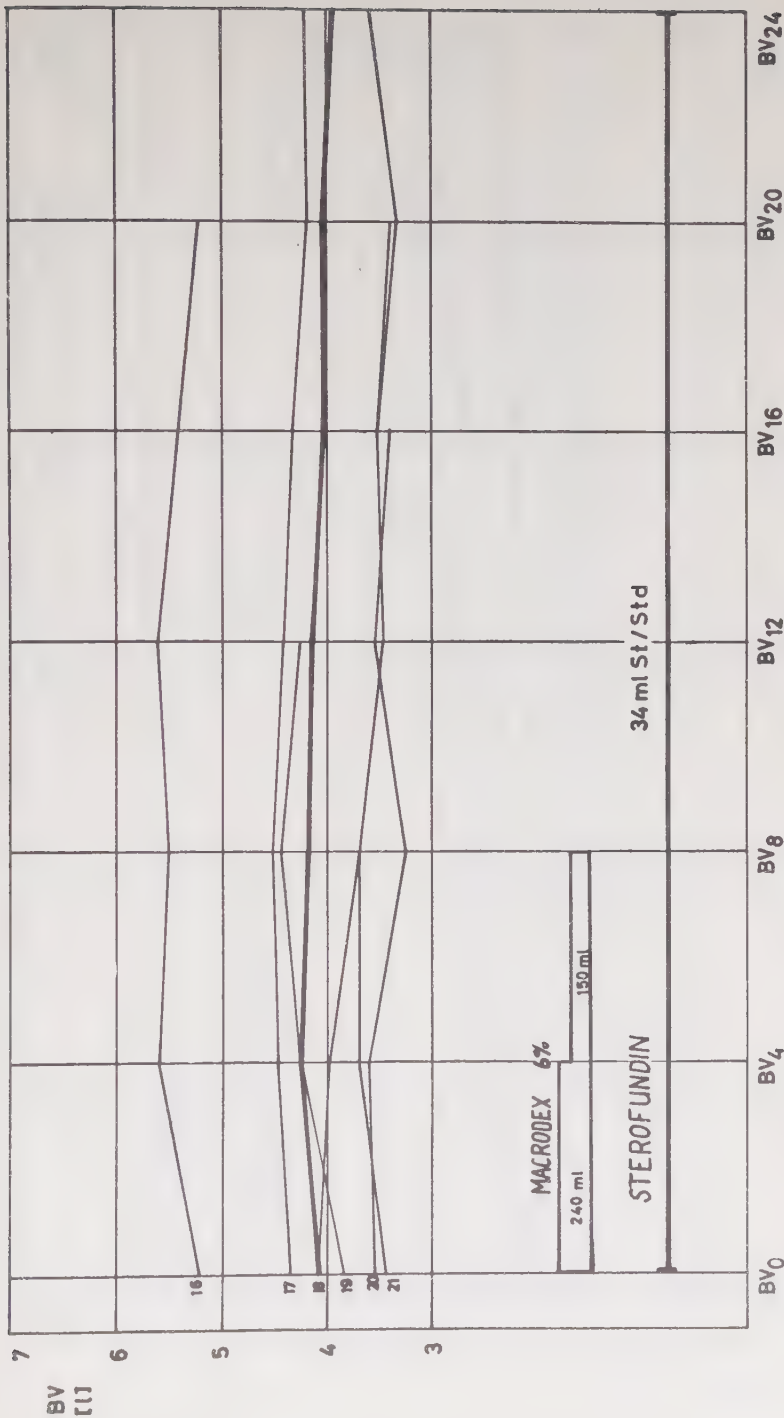


Abb.9: Legende entsprechend zu Abb.7 für die Patienten Nr. 16-21 (Gruppe 1.221)

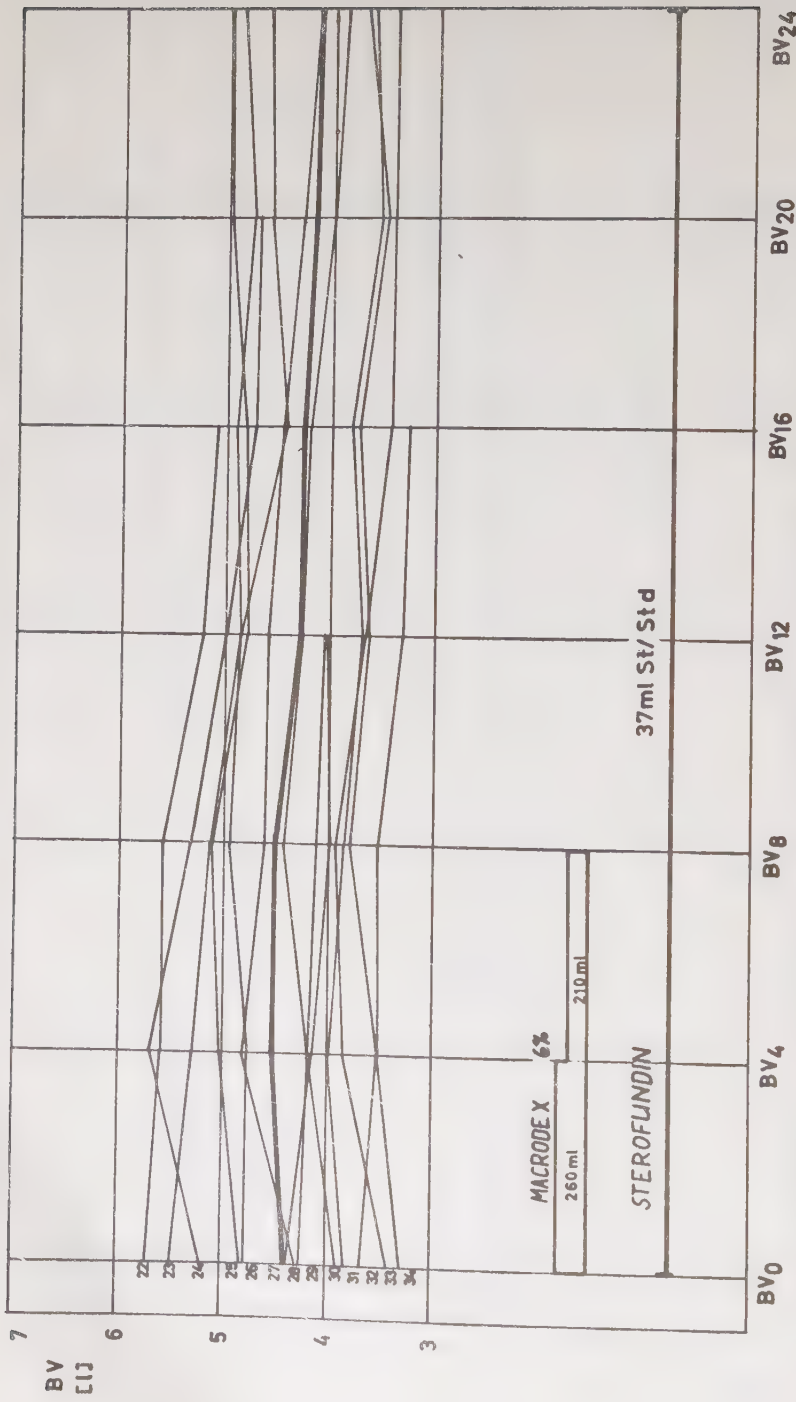


Abb.10: Legende entsprechend zu Abb.7 für die Patienten Nr. 22-34 (Gruppe 1.222)

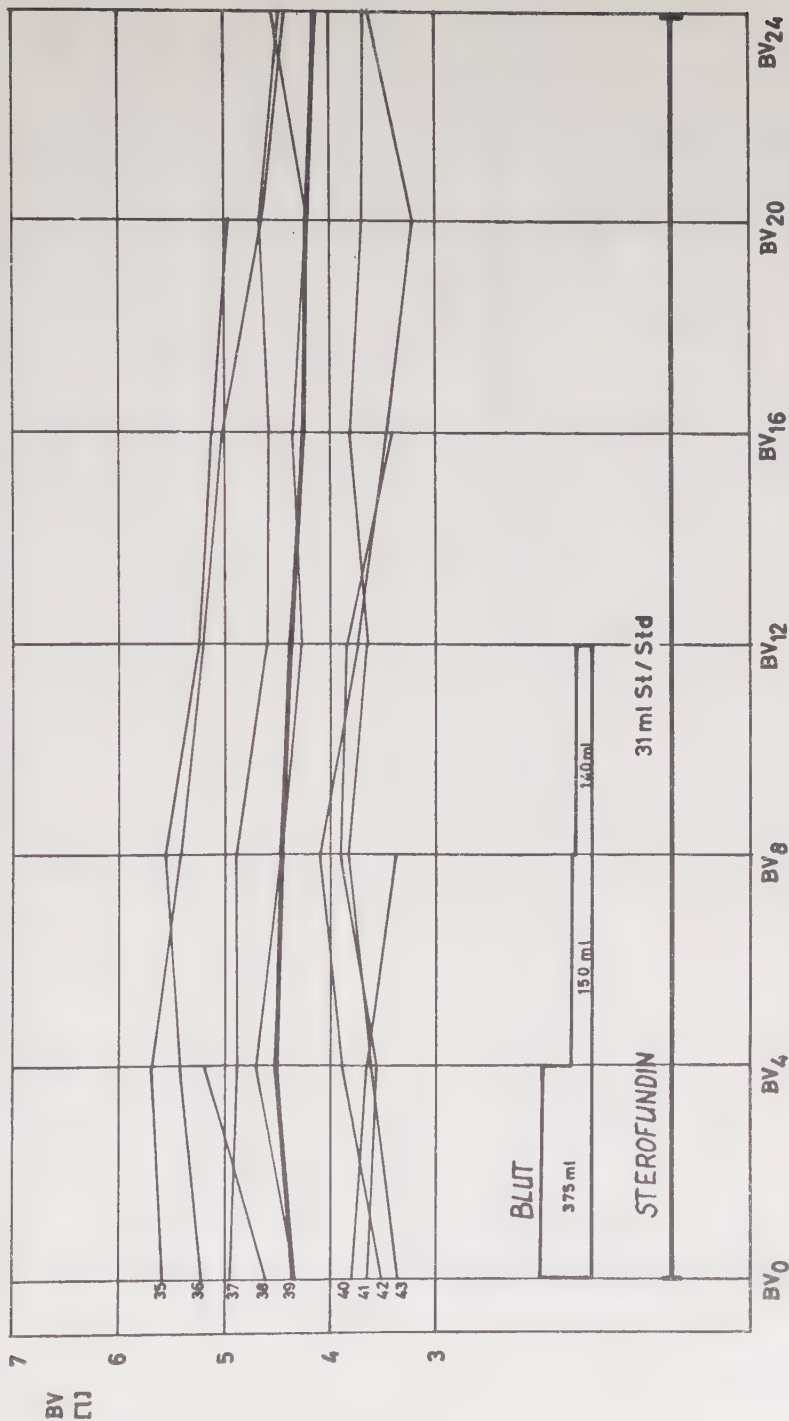


Abb.11: Legende entsprechend zu Abb.7 für die Patienten Nr. 35-43 (Gruppe 1.231)

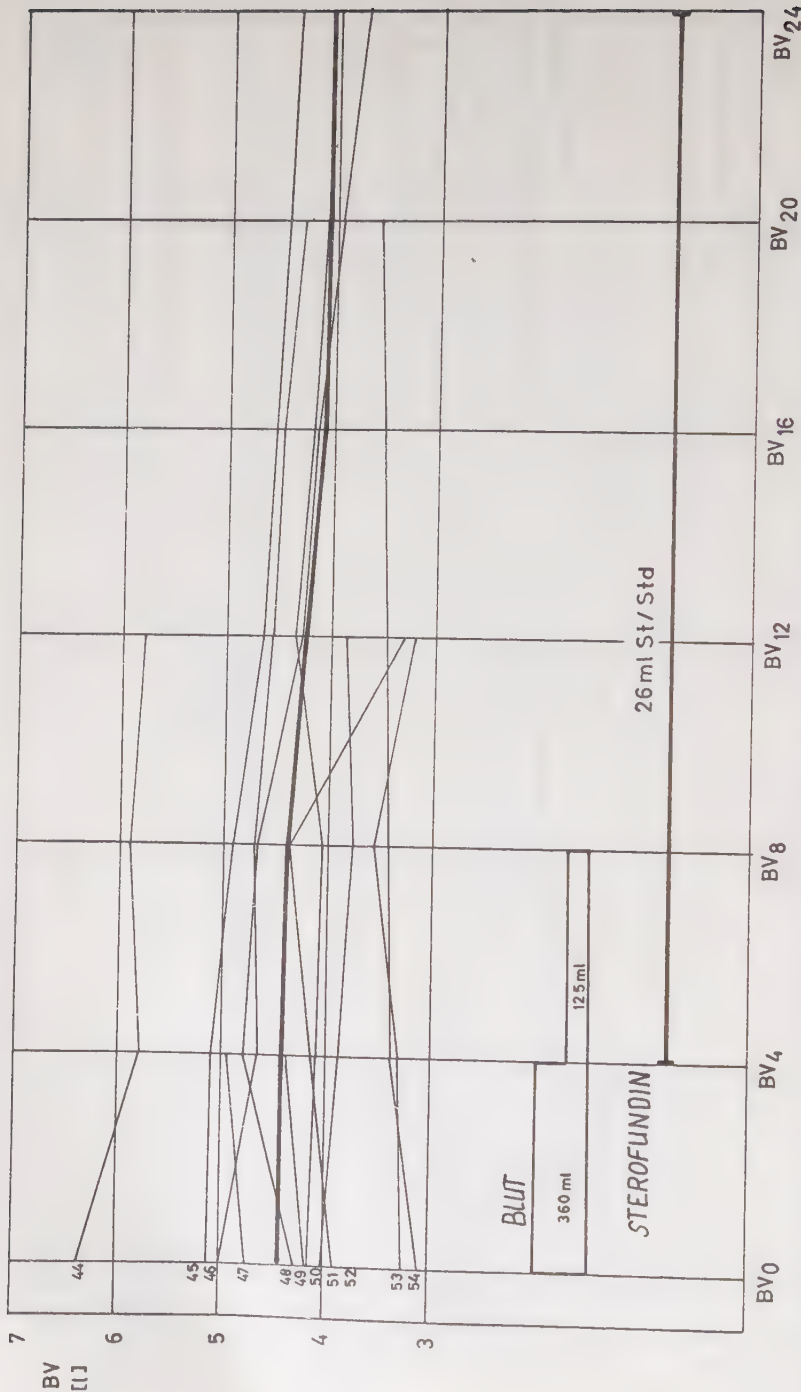


Abb.12: Legende entsprechend zu Abb.7 für die Patienten Nr. 44-54 (Gruppe 1.232)

2.25 Ergebnisse der Gruppe 1.231

Nr.	BV ₀	BV ₄	BV ₈	BV ₁₂	BV ₁₆	BV ₂₀	BV ₂₄	(BV ₂₈	BV ₃₂)
35	5,60	5,70	5,41	5,22	5,05	4,64	4,50	4,69	4,56
36	5,22	5,42	5,58	5,25	5,14	4,98			
37	4,96	4,89	4,92	4,60	4,58	4,66	4,42		
38	4,62	5,20							
39	4,34	4,72	4,49	4,27	4,36	4,21	4,55		
40	3,80	3,67	3,39						
41	3,68	3,58	3,92	3,85	3,41				
42	3,52	3,90	4,12	3,73	3,45	3,21	3,64		
43	3,38	3,62	3,85	3,65	3,84	3,70	3,69	3,45	3,35
a	4,35	4,52	4,46	4,37	4,26	4,23	4,15		
b	-4,4%	-0,7%	-2,0%	-4,0%	-6,4%	-7,0%	-8,8%		

Tabelle 8: Legende entsprechend zu Tabelle 4 für die Patienten Nr. 35 - 43 bei einem Soll - BV von 4,55 l

2.26 Ergebnisse der Gruppe 1.232

Nr.	BV ₀	BV ₄	BV ₈	BV ₁₂	BV ₁₆	BV ₂₀	BV ₂₄	(BV ₂₈)
44	6,35	5,78	5,92	5,80				
45	5,22	5,10	4,90	4,65		4,45	4,39	
46	5,01	4,65	4,71	4,55	4,49	4,31		
47	4,75	4,94						
48	4,29	4,80	4,68	4,30	4,18	4,06	4,07	
49	4,28	4,37						
50	4,24	4,12	4,05	4,35	4,19	3,95	3,72	3,90
51	4,08	3,89	3,75	3,86				
52	3,91	4,15	4,36	3,28				
53	3,25	3,31	3,56	3,21				
54	3,10	3,38	3,42		3,51	3,59		
a	4,41	4,41	4,37	4,25	4,09	4,07	4,06	
b	+6,0%	+6,0%	+5,0%	+2,2%	-1,7%	-2,2%	-2,4%	

Tabelle 9: Legende entsprechend zu Tabelle 4 für die Patienten Nr. 44 - 54 bei einem Soll-BV von 4,16 l

2.3 Von den weiteren Untersuchungen (1.4) werden die Mittelwerte der Hämatokrit-, Hämoglobin- und Erythrocytenmessungen (Tabelle 10) und der Urinmengen und spezifischen Gewichte (Tabelle 11) in den einzelnen Untersuchungsgruppen aufgeführt.

Gruppe	Htk _a	Htk _b	Hb _a	Hb _b	Ery _a	Ery _b
	%	%	%	%	Mill.	Mill.
1.211	42	40	91,2	88,3	5,01	4,78
1.212	39	38	82,9	81,5	4,45	4,31
1.221	43	40	96,6	93,6	4,92	4,69
1.222	41	38	90,5	85,1	4,72	4,41
1.231	36	47	86,0	97,1	4,42	5,01
1.232	37	45	85,5	94,2	4,44	4,81

Tabelle 10: Mittelwerte der Hämatokrit (Htk)-, Hämoglobin (Hb)- und Erythrocytenmessungen (Ery) 24 Stunden vor (a) und nach (b) der Operation

Gruppe	Urin ml/Std. 1. Phase	Urin ml/Std. 2. Phase	Spez.Gew. 1. Phase	Spez.Gew. 2. Phase
1.211	55	30	1026	1026
1.212	71	33	1025	1026
1.221	45	29	1029	1028
1.222	59	35	1025	1023
1.231	34	20	1028	1026
1.232	39	28	1026	1025

Tabelle 11: Mittelwerte der Urinmengen und spezifischen Gewichte der einzelnen Untersuchungsgruppen in Phase 1 und 2

3.0 Diskussion

3.1 Postoperative Blutvolumenänderungen

3.11 Kristalloide Lösungen

Die Wirkung kristalloider Lösungen auf das Blutvolumen wird unterschiedlich beurteilt. HUNZINGER und MITARBEITER⁵⁴ infundierten Normalpersonen 0,99 l 0,9 %ige Kochsalzlösung in 30 Minuten (33 ml/min). Am Ende der Infusion konnten sie mit der ¹³¹Jod-Verdünnungsmethode eine Blutvolumenzunahme von 550 ml messen. Bereits eine Stunde später war das Ausgangsvolumen wieder erreicht, weitere 2 Stunden später lag das Blutvolumen unter dem Ausgangswert. GRÜNING und ROTH³⁸ fanden nach Infusionen von 500 ml 0,9 %iger NaCl-Lösung in 30 Minuten (17 ml/min), daß eine halbe Stunde nach dem Infusionsende das Blutvolumen um die infundierte Menge erhöht war (³²P-markierte Erythrocyten). Wiederum eine halbe Stunde später fiel das Blutvolumen stark unter den Ausgangswert ab und erreichte diesen nur langsam wieder. Hierbei handelte es sich offenbar um regulative Schwankungen. SCHWARTZKOPFF und RENSCH¹²⁰ gaben bei 10 Personen durchschnittliche Infusionsmengen von 5160 ml physiologischer Kochsalzlösung in 7,85 Stunden (10,85 ml/min). Nach der Infusion betrug die durchschnittliche Blutvolumenzunahme 820 ml (Evans blue). Der gesunde Organismus war nicht in der Lage, in 24 Stunden die zugeführten Flüssigkeits- und Kochsalzmengen zu eliminieren, denn von 46,3 zugeführten Kochsalz wurden im Mittel nur 31 g, von der Flüssigkeit nur 75 % ausgeschieden. Der Abstrom der Salzlösung in den Extravasalraum erfolgte größtenteils in den interstitiellen, jedoch auch in den intrazellulären Raum.

MEYER, BERLIN, HYDE, PARSONS und WHITTINGTON⁷⁷ fanden nach Infusion von 500 ml 0,9 %iger NaCl-Lösung bei drei Patienten keine Blutvolumenänderungen. HUTCHISON, FREEDMAN, RICHARDS und BURGEN⁵⁵ infundierten 5 Versuchspersonen zwischen 400 - 600 ml 0,9 %iger Kochsalzlösungen und erreichten einen durchschnittlichen Anstieg des Blutvolumens von 116 ml (¹³¹Jodalbumin).

Bei den eigenen Untersuchungen wurden den Patienten der Gruppe 1.211 (Abb.7) im Anschluß an die Operationen durchschnittlich 39 ml Sterofundin/Std. über 24 Stunden infundiert, die Patienten der Gruppe 1.212 (Abb. 8) erhielten 45 ml/Std. in der gleichen Zeit. Durch diese langsamen Infusionen durften keine Blutvolumenänderungen erwartet werden. Es kann angenommen werden, daß deshalb die gemessenen Blutvolumenschwankungen einen gesetzmäßigen Verlauf widerspiegeln. In Gruppe 1.211 erfolgte postoperativ ein langsamer Blutvolumenabfall von 4,44 l (BV₀) auf 4,10 l (BV₂₄), d.i. 7,7 %, in den ersten 24 Stunden; in Gruppe 1.212 verlief der Abfall zunächst steiler von 4,81 l (BV₀) auf 4,38 l (BV₈) und dann in gleicher Weise wie bei Gruppe 1.211 auf 4,15 l (BV₂₄), d.i. 13,7%.

Meßbare Volumenzunahmen nach Infusionen kristalloider Lösungen traten im Gegensatz zu den aufgeführten Autoren wegen der langsamen Infusionsgeschwindigkeit nicht auf.

Aus dem Vergleich der auf das Sollblutvolumen bezogenen Mittelwertskurven geht deutlich hervor, daß die postoperative Ausgangssituation der Gruppe 1.212 mit einem Wert von +7,1 % wesentlich günstiger ist, als die der Gruppe 1.211 mit -9 % gegenüber dem errechneten Sollvolumen (Abb. 13).

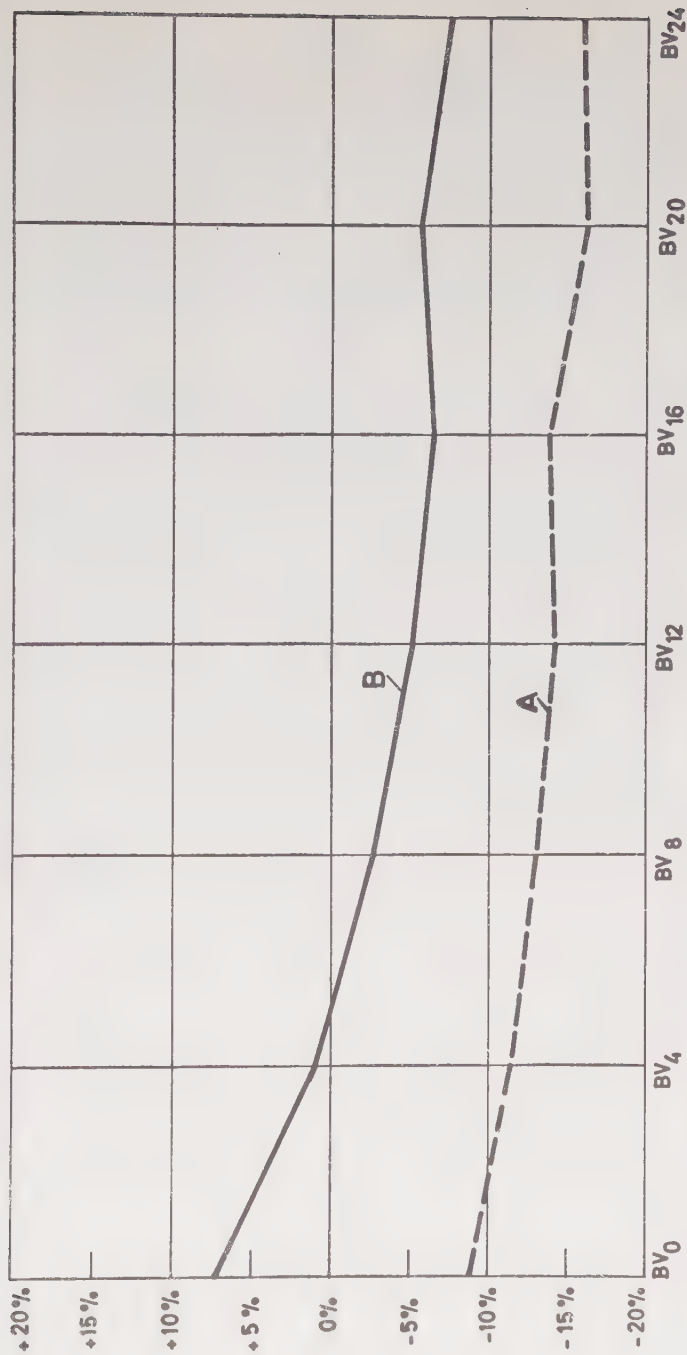


Abb. 13: Prozentuale Abweichung der Blutvolumenkurven BV_0-BV_{24} der Untersuchungsgruppen 1.211 ohne (A) und 1.212 mit induzierter Hypervolämie (B) gegenüber dem gleich Null % gesetzten Sollblutvolumen

Offenbar genügt den kreislaufgesunden Patienten der Gruppe 1.211 dieses Volumen unter den postoperativen Bedingungen. Es entspricht vermutlich der Blutvolumenminderung, die sich auch ohne Operation bei Immobilisation einstellt. Die Patienten überstehen die Operation und die postoperative Phase ohne Zwischenfälle. Ihnen droht allerdings wegen der Hypovolämie beim ersten Aufstehen eine banale Ohnmacht (II. 2.51).

Vorausgesetzt, daß der intraoperative Blutverlust und -ersatz einander entsprechen, spiegelt sich in dem Unterschied zwischen den Ausgangsvolumina BV_0 der Gruppe 1.211 und 1.212 (16,1 %) die Wirkung der präoperativ eingeleiteten Volumenexpansion wieder. Die bei den kreislaufgefährdeten Patienten vor der Operation induzierte Hypervolämie ist noch zu Beginn der postoperativen Phase nachweisbar. Das erhöhte Volumen wird ohne weitere Infusionen volumenwirksamer Mittel nicht aufrechterhalten, da die langsame Infusion von Sterofundin keinen volumenvermehrenden Effekt aufweisen. Die präoperative Volumenzunahme besteht noch 24 Stunden nach dem Operationsende, da der BV_{24} -Wert der Gruppe 1.212 noch 8,7 % über dem der Gruppe 1.211 liegt.

3.12 Kolloidale Lösungen

Die Mitteilungen über die Volumenwirksamkeit kolloidaler Infusionslösungen aus der Literatur sind in Tabelle 12 zusammengefaßt.

Infusionsart	Menge ml	Zeit min	Blutvolumenzunahme in ml, Stunden nach der Infusion					Lit.
			0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	
Macrodex 6 %	500	30	1310	970				120
Macrodex 6 %	500	30	2000			1500		38
Macrodex 6 %	500	30	550		520			36
Macrodex 6 %	740	30	1000	1000		0		54
Macrodex 6 %	530	30	750					63
Dextran 6 %	1000	120					909	42
Dextran 6 %	500	15	700	650			700	1
Dextran 6 %	500	60	1000	900		1350	1100	56
Dextran 6 %	500	30	Index	82 %				55

Tabelle 12: Mitgeteilte Blutvolumenänderungen nach Infusionen von Macrodex 6 % und Dextran 6 %

Sehr einheitlich teilen alle Autoren mit, daß nach Macrodex- bzw. Dextraninfusion eine Blutvolumenzunahme erreicht wird, die die infundierten Mengen (teilweise erheblich) übersteigt. Diese für einen kolloidalen Plasmaexpander durchaus erwünschte Eigenschaft ist von großer Bedeutung. Um eine Übertransfusion zu vermeiden, muß weniger Volumen infundiert werden als dem Verlust entspricht. Die Infusionsgeschwindigkeit betrug in den meisten Fällen 500 ml in 30 Minuten = 16,6 ml/min.

In den eigenen Versuchen stieg das postoperative Blutvolumen in Gruppe 1.221 (Abb. 9) durch die Infusion von 240 ml Macrodex 6 % in 4 Stunden (1 ml/min Einlaufgeschwindigkeit) von 4,08 l (BV_0) auf 4,24 l (BV_4) um 160 ml. Die Volumenzunahme war wegen der langsamen Infusionsgeschwindigkeit geringer als die infundierte Menge.

Unter den 150 ml Macrodex in den folgenden 4 Stunden (0,6 ml/min) fiel das Blutvolumen auf 4,3 l (BV_8).

Nach weiteren Infusionen von Sterofundin verhielt sich die Mittelwertskurve wie bei den Gruppen 1.211 und 1.212. Sie strebt einem neuen "Normalwert" zu.

In der Gruppe 1.222 (Abb. 10) nahm das Blutvolumen durch 260 ml Macrodexinfusionen (1,1 ml/min) in 4 Stunden von 4,38 l (BV_0) auf 4,51 l (BV_4) um 190 ml zu. Die Volumenzunahme entsprach der infundierten Menge.

Anschließend mit geringer Geschwindigkeit (0,8 ml/min) verabfolgte 210 ml Macrodex hielten das Blutvolumen wie in Gruppe 1.221 konstant.

Sobald unter der Sterofundininfusion die Wirkung des Macrodex nachläßt fällt das Blutvolumen wie in den Gruppen 1.211 und 1.212 ab.

Diese Befunde sind bemerkenswert und neu. Sie beweisen, daß auch die langsame Infusion von Macrodex 6 % in der Lage ist, das Blutvolumen - ausreichenden extrazellulären Vorrat vorausgesetzt - aufrechtzuerhalten. Die Infusionsgeschwindigkeit muß dabei über 1 ml/min liegen.

Werden diese beiden Gruppen in Beziehung zum Soll-BV gesetzt und verglichen (Abb. 14), so ergibt sich folgendes:

wie bei den Fällen mit postoperativen Sterofundininfusionen liegt die Gruppe 1.221 (ohne präoperative Macrodexinfusionen) -9,7 % unter, die Gruppe 1.222 (mit präoperativen Macrodexinfusionen) mit +0,3 % über dem Soll-BV. Auch diese Differenz von 10 % hat ihre Ursache in der induzierten Hypervolämie, der die kreislaufgefährdeten Patienten der Gruppe 1.222 unterlagen. Diese präoperativen Infusionen von Macrodex vermögen den Kreislauf über die Operation hinweg auch postoperativ zu stabilisieren. Noch 24 Stunden nach dem Operationsende zeigt die Gruppe 1.222 einen um 7,5 % höheren Blutvolumenwert.

3.13 Blut und Blutderivate

Es existieren wenig Messungen von Blutvolumenveränderungen unter Blut- und Plasmatransfusionen. WOLLHEIM und SCHNEIDER¹³² fanden mit der Evans blue-Methode nach Bluttransfusionen von ungefähr 440 ml bei 49 Patienten, daß die aktiven Blutmengen nur bei 23 Patienten (47 %) um durchschnittlich 329 ml zunahm. In 26 Fällen (53 %) kam es innerhalb der Beobachtungszeit von 18 Stunden zu keinem Anstieg von Blut- oder Plasmavolumen. Nach 84 Plasmainfusionen von 450 - 460 ml stieg das Blutvolumen bei 52 Patienten (62 %) um 413 ml. 32 Patienten (38 %) zeigten keine Änderung des Blutvolumens. Die Autoren schließen aus ihren Ergebnissen, daß der Transfusionserfolg von der Größe der Ausgangsplasmamenge abhängt. Das Blutvolumen läßt sich nur dann vergrößern, wenn der Ausgangswert erniedrigt ist, wofür die Plasmamenge ausschlaggebender ist als das Blutvolumen selbst.

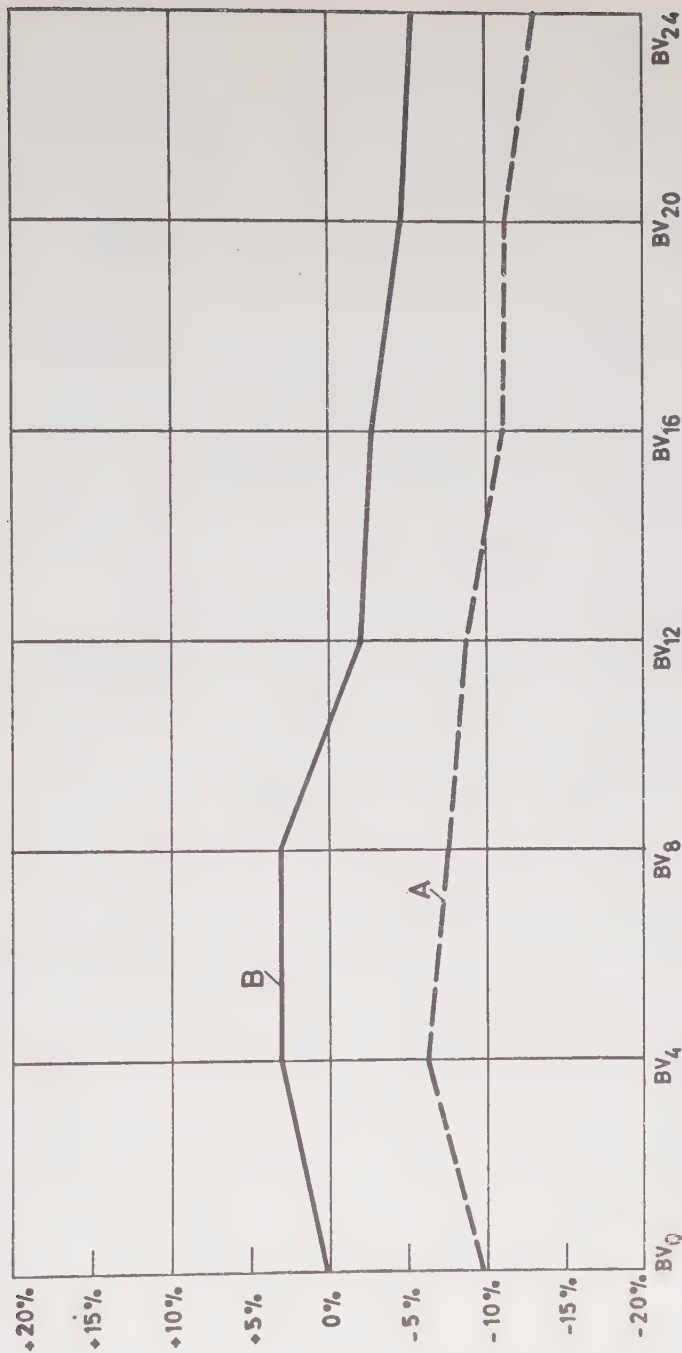


Abb. 14: Prozentuale Abweichung der Blutvolumenkurven BV_0 - BV_{24} der Untersuchungsgruppen 1.221 ohne (A) und 1.222 mit induzierter Hypervolämie (B) gegenüber dem gleich Null % gesetzten Sollblutvolumen

WOLLHEIM, SCHNEIDER, ZISSLER und EIFERT¹³³ teilten mit, daß nach 400 bis 500 ml Blut nur in 15 von 26 Fällen quantitativ verschiedene Blutvolumenzunahmen meßbar waren (Evans blue). Nach 400 ml Plasma trat bei 20 von 26 untersuchten Patienten eine Zunahme auf. SCHNEIDER und PIPPING¹⁰⁷ stellten fest, daß bei Albumininfusionen die Höhe des basalen onkotischen Drucks über das Wirksamwerden der Volumenexpansion entscheidet. HUTCHISON und MITARBEITER⁵⁵ infundierten nichtautologes und autologes Plasma und Dextran. Nichtautologes Plasma bewirkte nur in 50 % eine Volumenzunahme, einige Patienten wiesen nach der Infusion sogar ein kleineres Volumen auf. Autologes Plasma rief ebenso wie Dextran eine gute Volumenwirkung hervor.

Die eigenen Untersuchungen der postoperativen Blutvolumenänderungen ergaben in Gruppe 1.231 (Abb. 11) in den ersten 4 Stunden nach Transfusionen von 375 ml Blut (1,6 ml/min) eine Zunahme des Blutvolumens von $BV_0 = 4,35$ l auf $BV_4 = 4,52$ l. Demnach war nicht einmal die Hälfte der infundierten Blutmenge durch die Blutvolumenbestimmung nach 4 Stunden nachweisbar.

Durch langsame Bluttransfusionen (0,6 ml/min) über 8 Stunden wurde keine Volumenzunahme erreicht. Das Blutvolumen fiel von seinem erhöhten Wert von 4,52 l kontinuierlich auf $BV_{24} = 4,15$ l ab.

In der Gruppe 1.232 (Abb. 12) blieb das Blutvolumen nach Bluttransfusionen von 360 ml in 4 Stunden (1,5 ml/min) konstant ($BV_0 = BV_4 = 4,41$ l). Auch hier konnte das langsam infundierte Blut volumetrisch nicht erfaßt werden.

Die folgenden Bluttransfusionen (0,5 ml/min) über 4 Stunden hatten keinerlei volumenvermehrende Wirkung. Das Blutvolumen sank vielmehr leicht ab. Unter weiteren Sterofundininfusionen erfolgte auch hier wie bei den anderen Gruppen ein kontinuierlicher Abfall des Blutvolumens.

Wenn kein Blutvolumenmangel besteht, wird das langsam transfundierte Blut "wegreguliert" (Regelkreis von HENRY und DOBSON, (II 2.3). Dieser Befund stimmt mit den Untersuchungen WOLLHEIMS überein.

In der Abbildung 15 sind die Veränderungen graphisch dargestellt. Daraus geht hervor, daß das Ausgangsvolumen BV_0 der Gruppe 1.231 -4,4 % unter dem Soll-BV, das der Gruppe 1.232 +6,0 % darüber lag. Auch bei diesen Patienten lagen die BV_0 - Werte derjenigen, die präoperativ Macrodexinfusionen erhalten hatten, um 10,4 % höher als die BV_0 -Werte der Patienten ohne induzierte Hypervolämie. Die vor der Operation bei den kreislaufgefährdeten Patienten durchgeführte Prophylaxe mit Infusionen von Plasmaexpandern hält das Blutvolumen während der Versuchsdauer von 24 Stunden über den BV-Werten der Vergleichsgruppe. Noch nach 24 Stunden beträgt der BV-Unterschied der Gruppe 1.232 +6,4 % gegenüber dem der Gruppe 1.231.

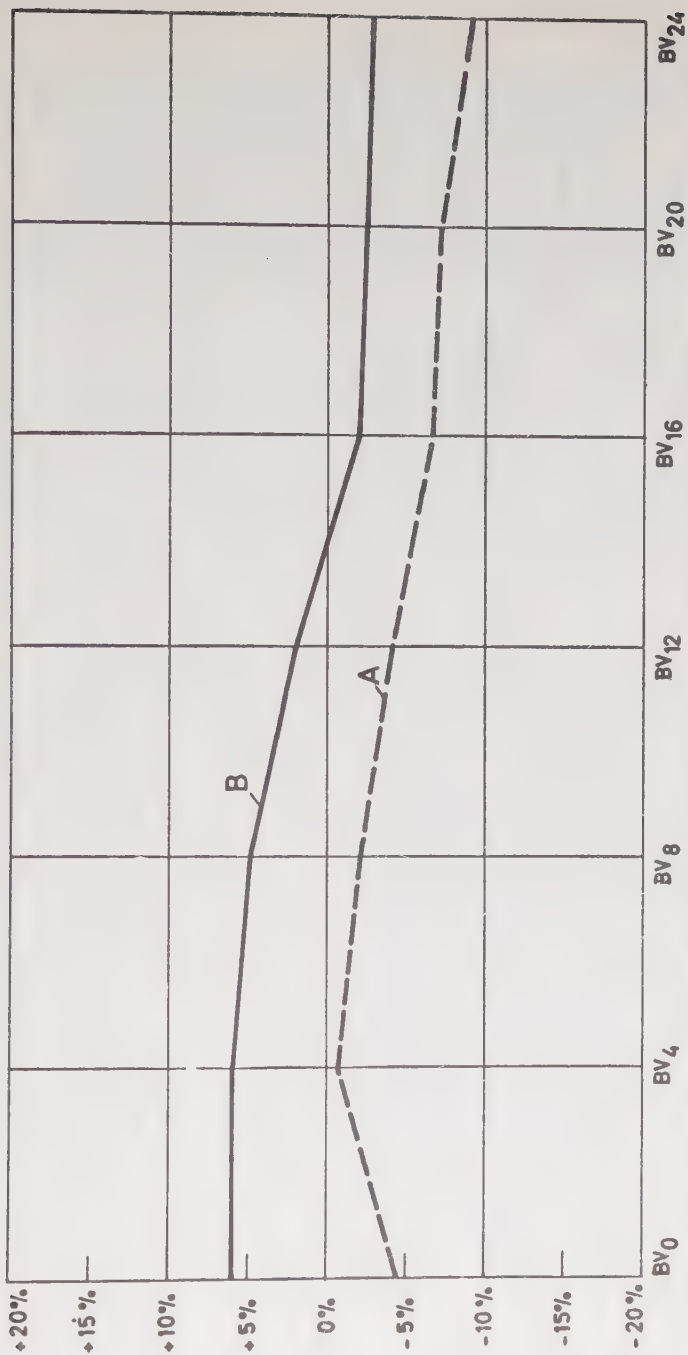


Abb. 15: Prozentuale Abweichung der Blutvolumenkurven BV_0 - BV_{24} der Untersuchungsgruppen 1.231 ohne (A) und 1.232 mit induzierter Hypervolemie (B) gegenüber dem gleich Null % gesetzten Sollblutvolumen

RR BV
P [12
160 7

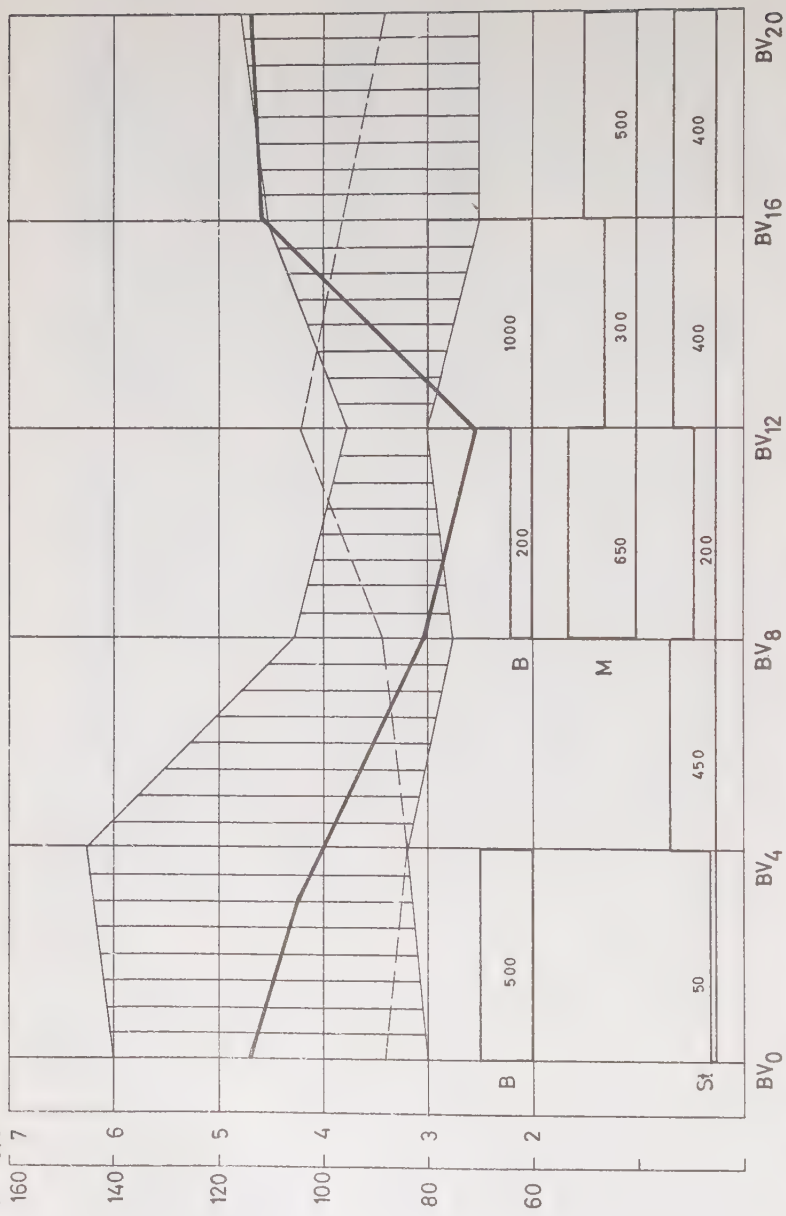


Abb.16: Postoperative Blutvolumina BV₀-BV₂₄ (fett), Blutdruck (ausgezogen), Pulsfrequenz (unterbrochen), Infusionsart und -menge des Falls 55
B=Blut, M=Macrodex, St=Sterofundin

3.14 Einzelfälle

Während der Untersuchungen wurden drei Patienten erfaßt, bei denen durch die Blutvolumetrie Nachblutungen aufgedeckt wurden.

Fall 55 (Abb. 16): K.B., 41 Jahre, 51,5 kg, Cardiacarzinom, reduzierter Allgemeinzustand, präoperative Volumenprophylaxe mit Infusionen von je 1000 ml Macro-dex an beiden Tagen vor der Operation (induzierte Hyper-volämie). Gesamteiweiß 8,71 g%, Albumin 48 %, Hb 88 %, Htk 40 %, Ery 4,4 Mill. Abdominothorakale Cardiaresektion, intraoperative Infusionen von 500 ml Blut und 700 ml Macro-dex 6 %.

Die erste Blutvolumenbestimmung am Ende der Operation ergab 4,71 l (BV_0). Sie lag mehr als 1 l über dem Sollblutvolumen von 3,60 l. Im postoperativen Verlauf sank das Blutvolumen auf 3,01 l (BV_8). Um das Sollvolumen wieder zu erreichen, wurden in den nächsten 4 Stunden 200 ml Blut und 650 ml Macro-dex infundiert. Trotzdem sank das Blutvolumen auf 2,55 l (BV_{12}). Der Patient zeigte die Symptome einer akuten tonischen Kreislaufinsuffizienz (niedriger Blutdruck, eingeengte Amplitude, fadenförmiger frequenter Puls, blasse Haut, kalte Akren usw.). Es bestand der Verdacht auf eine Nachblutung. Erst auf eine schnelle Infusion großer Mengen Blut und Macro-dex von insgesamt 1300 ml folgte ein Blutvolumenanstieg auf 4,65 l (BV_{16}) und damit eine auffallende Besserung des klinischen Bildes. Weitere 500 ml Macro-dexinfusionen hielten das Blutvolumen aufrecht. Hämatokrit (41 %), Hämoglobin (92 %) und Erythrocyten (4,5 Mill.) waren angestiegen.

Fall 56 (Abb. 17): E.H., 44 Jahre, 70 kg, guter Allgemeinzustand, Nebennierenadenom, Hochdruck von 220/130 mm Hg. Keine Infusionsprophylaxe, Gesamteiweiß 7,5 g%, Albumin 56 %, Htk 44%, Hb 101 %, Ery 5,06 Mill. Nebennierenfreilegung, Adenomentfernung. Blutverlust 480 ml (HAMMAMI⁴¹), Blutersatz 700 ml Blut.

Nach der Operation wurde ein Blutvolumen von 4,58 l (BV₀) gefunden, das unter dem Sollblutvolumen von 4,9 l lag. Nach 30 Stunden verschlechterte sich der Zustand des Patienten plötzlich. Der Blutdruck fiel ab, die Pulsfrequenz stieg an, es trat Anurie ein und der Hämoglobinwert sank auf 42 %. Die Blutvolumenbestimmung ergab 3,05 l (BV₃₀). Daraufhin wurde sofort erneut operiert. Es fanden sich reichlich Blutkoagula im Operationsgebiet. Der intraoperative Blutersatz bestand aus 500 ml Blut und 1500 ml Rheomacrodex. Eine Blutvolumenmessung nach der 2. Operation ergab 3,47 l. Unter schnellen Infusionen von 300 ml Blut und 1000 ml Rheomacrodex erholte sich der Patient wieder. Die Kreislaufzentralisation wurde beseitigt. Das Blutvolumen stieg auf einen Wert um 4,50 l (BV₃₄-BV₃₉). Der 2. Eingriff wurde komplikationslos überstanden.

Fall 57 (Abb. 18): H.F., 72 Jahre, 82 kg, maligner Schleimhautpolyp des Magens. Präoperative Volumenergänzung (induzierte Hypervolämie). Gesamteiweiß 5,7 g%, Albumin 48 %, Htk 43 %, Hb 74 %, Ery 3,71 Mill. Gastrotomie, Excision des Polypen, intraoperativer Blutersatz von 200 ml Macrodex.

RR BV
P (1)
160 7

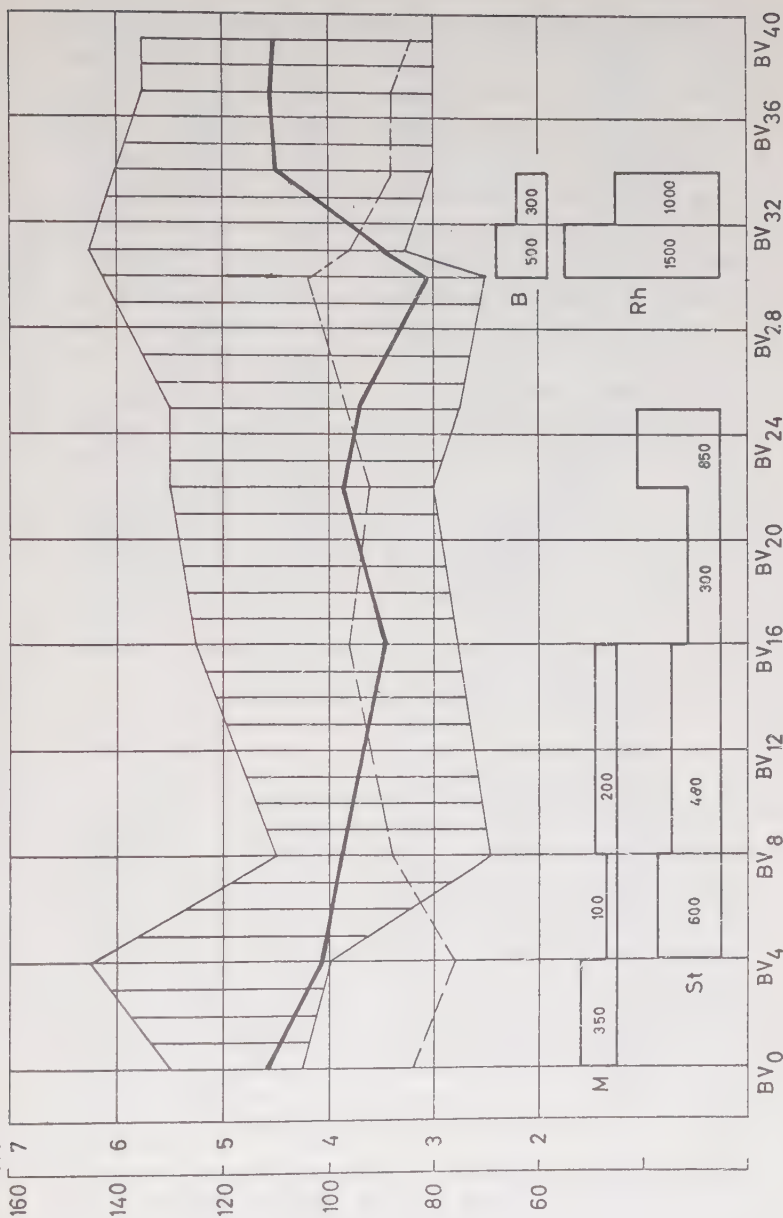


Abb. 17: Postoperative Blutvolumine BV₀-BV₂₄ (fett), Blutdruck (ausgezogen), Pulsfrequenz (unterbrochen), Infusionsart und -menge des Falls 56
B=Blut, M=Maerodex, Rh=Rheumaerodex, St=Storofundin, Pfeil=Nachoperation

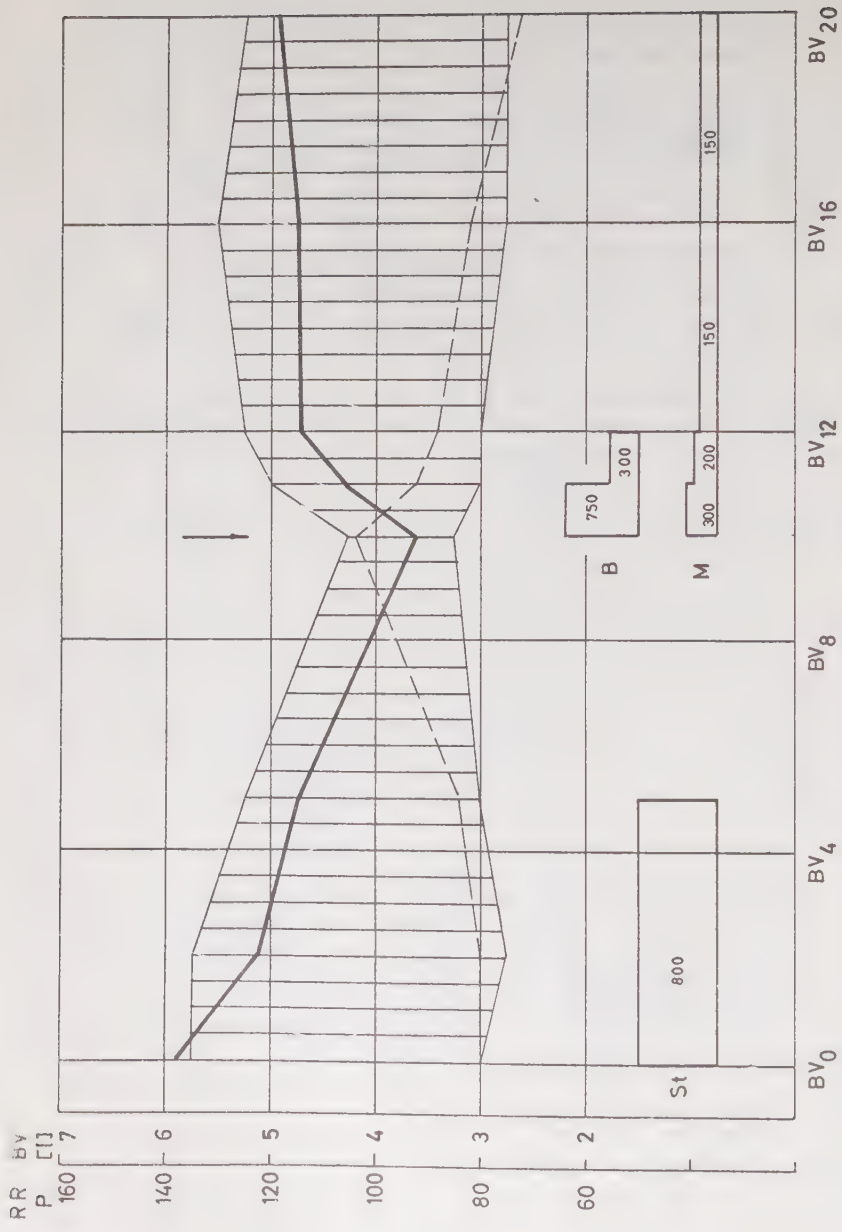


Abb.18: Postoperative Blutvolumina BV₀-BV₂₄ (fett), Blutdruck (ausgezogen), Pulsfrequenz (unterbrochen), Infusionsart und -menge des Falls 57
 B=Blut, M=Macrodex, St=Sterofundin, Pfeil=Nachoperation

Die erste, am Operationsende durchgeführte Blutvolumenmessung ergab mit 5,90 l (BV_0) ein fast normales Blutvolumen gegenüber dem Sollvolumen von 5,74 l. Zwei Stunden später betrug das Blutvolumen 5,12 l (BV_2) und fünf Stunden später nach Stero- fundininfusionen 4,71 l (BV_5). Zehn Stunden nach dem Operationsende erbrach der Patient ca. 600 ml Blut. Die Blutvolumenmessung ergab 3,60 l (BV_{10}). Eine sofortige Relaparotomie wurde durchgeführt und die Abtragungsstelle des Polypen übernäht. Als Ersatz des intraoperativen Blutverlustes wurden 750 ml Blut und 320 ml Macrodex infundiert. Die anschließende Blutvolumenbestimmung ergab 4,25 l. Weitere Infusionen von Blut und Macrodex verbesserten den schlechten Zustand des Patienten. Das Blutvolumen stieg über 4,68 l (BV_{12}) und 4,72 l (BV_{16}) auf 4,91 l (BV_{20}) an. Die Blutwerte ergaben: Htk 39 %, Hb 69 % und Ery 3,31 Mill. Der Patient überstand die Nachblutung und die 2. Operation ohne ernste Folgen.

3.2 Blutverlust und -ersatz während der Operationen

Bei 26 der untersuchten Patienten wurde von HAMMAMI⁴¹ der intraoperative Blutverlust mit dem Perdometer (Farbstoffmethode) und dem Hämo- porometer (Elektrolytmethode) gemessen. Die Blutvolumenverluste betrugen bei diesen Patienten durchschnittlich 410 ml. (Einzelheiten sind in der Dissertation von HAMMAMI⁴¹ wiedergegeben.) Zu diesem Verlust wurden die Infusionsmengen während der Operation in Beziehung gesetzt. Aus dem Ersatz von durchschnittlich 120 ml Blut und 450 ml Macrodex 6 % errechnet sich ein Plus von 160 ml.

Wir dürfen unterstellen, daß der Blutverlust jeweils am Ende der Operation ausgeglichen war. Wegen der langsamen Infusionsgeschwindigkeit ist bei geringem Einfuhrüberschuß keine nennenswerte BV-Zunahme zu erwarten.

3.3 Hämatokrit-, Hämoglobin- und Erythrocytenwerte nach Infusionen

ARTZ und MITARBEITER⁵ fanden bei Untersuchungen mit Dextraninfusionen an jungen Verwundeten im Koreakrieg, daß 50 % der Erythrocyten ohne ernste Komplikationen verloren werden können, solange noch ausreichende Blutvolumina vorhanden sind. Der Erythrocytenverlust entspricht einem Hämatokrit von 20 %. Dieser Wert wird auch an unserer Klinik als gerade noch zulässig betrachtet. Im Tierexperiment ersetzte SCHORCHER¹⁰⁸ bis zu 85 % des ursprünglichen Blutvolumens ohne Folgen durch Plasma und Serum. HOCHREIN^{ref.106} fand am Herzlungenpräparat des Meerschweinchens, daß der Herzmuskel bis zu einer Hämatokritverdünnung von 15 % seine Funktionstüchtigkeit behält und keine Insuffizienz bei Belastung zeigt. SCHWARTZKOPFF und RENSCH¹²⁰, HEIM und OSTEN⁴⁶, NORLANDER⁸², LANG⁷⁰ berichten, daß nach Infusionen von kristalloiden und kolloidalen Mitteln die Hämatokrit-, Hämoglobin- und Erythrocytenwerte absinken.

Auch bei den eigenen Untersuchungen nahmen diese Werte nach den Infusionen von Sterofundin SK-L und Macrodex 6 % ab (Tab. 10). Der Abfall war jedoch in keinem Fall bedrohlich.

Eine mäßige Verdünnung des Blutes kann sich nach neueren Untersuchungen über blood sludge (II. 2.52) sogar günstig auswirken. Postoperative Stoffwechselstörungen im Sinne einer Gewebsacidose und thromboembolische Komplikationen können damit weitgehend vermieden werden.

SCHNEIDER vergleicht die Erythrocyten bei einer Plasmapenie bzw. Hämokonzentration mit "Lastkähnen, die den Sauerstoff transportieren, aber nicht fortbewegen können, wenn der Wasserspiegel zu niedrig ist".

Nach den Bluttransfusionen stiegen die Hämatokrit-, Hämoglobin- und Erythrocytenwerte an. Die Zunahme war deutlich meßbar und entsprach der zugeführten Blutmenge.

3.4 Urinproduktion und spezifisches Gewicht nach Infusionen

Die Volumenregulation des Organismus ist bestrebt, den Gesamtbestand an Flüssigkeit und die Verteilung auf die einzelnen Kompartimente konstant zu halten. Es ist nachgewiesen, daß bei einer Verminderung des Blutvolumens die Diurese eingeschränkt wird, während sie bei einer Vermehrung ansteigt (II. 2.3). SCHWALM und GÖLTNER¹¹⁶ maßen die Diuresesteigerung nach Infusionen von Kochsalzlösungen, Periston, Macrodex und Plasma und Bluttransfusionen. LANG⁷⁰ stellte eine erhöhte Urinausscheidung direkt im Anschluß an Plasmagelinfusionen fest, die von der infundierten Menge abhängig war. EICHLER und MITARBEITER²⁰ fanden eine erhöhte Ausscheidung von Harnstoff und Kochsalz- und Dextraninfusionen bei Hunden.

Die Urinproduktion bei den eigenen Versuchen (Tabelle 11) unterschieden sich in den ersten 8 Stunden nach der Operation (1. Phase) nicht von der Urinproduktion beim gesunden Menschen, die 50 ml/Std. beträgt. Das angebotene Flüssigkeitsvolumen konnte bei Überschuß ausgeschieden werden. Die Volumenregulation und Nierenfunktion wurden durch die Narkose und Operation nicht ungünstig beeinflusst.

In den folgenden 12 Stunden (2. Phase) glich sich die Urinmenge der nächtlichen Ruheausscheidung an, die bei durchschnittlich 30 ml/Std. liegt.

Unter den postoperativen Sterofundininfusionen schieden die Patienten ohne präoperative Macrodexinfusionen kleinere Urinmengen aus als die, die präoperativ Macrodexinfusionen erhalten hatten. Unter den postoperativen Macrodexinfusionen lagen die gleichen Verhältnisse vor. Die Volumenregulation war bemüht, die erzwungene Volumenänderung umgehend wieder auszugleichen.

Bei den Fällen, die postoperativ Blut erhielten, war der Unterschied weniger deutlich, ohne daß dafür eine Erklärung abgegeben werden kann.

Die spezifischen Gewichte (Tabelle 11) beider Phasen waren in allen Gruppen fast gleich. Da in der ersten Phase stets mehr Urin ausgeschieden wurde, wurden in ihr also auch mehr harnpflichtige Substanzen eliminiert.

Die Ergebnisse zeigen, daß auch die postoperative Urinausscheidung, die ja ein Maß für die Nierenfunktion ist, durch die präoperativ induzierte Hypervolämie noch deutlich beeinflußt wird.

Seitdem die präoperative Infusionsprophylaxe durchgeführt wird, sind keine postoperativen Nierenstörungen mehr aufgetreten, was sich daraus erklärt, daß während und nach der Operation die Nierendurchblutung aufrechterhalten bleibt.

3.5 Klinische Beurteilung der Durchblutung

In Kontrollversuchen beobachteten HEIM und OSTEN⁴⁷ das Kreislaufverhalten ohne jeglichen Volumenersatz. Sie stellten fest, daß die Patienten unweigerlich in eine schockähnliche Situation gerieten.

In unserem Krankengut wurde das Kreislaufverhalten nach dem systolischen und diastolischen Blutdruck, der Amplitude, der Pulsfrequenz und der Hautdurchblutung begutachtet.

Von kritischen Blutdruckwerten sprechen wir, wenn

1. bei jungen Menschen der systolische Blutdruck 100 mm Hg unterschreitet und
2. bei älteren Menschen, deren systolischer Ruhewert über 140 mm Hg liegt, oder Hypertonikern der Blutdruck unter 100 mm Hg bzw. unter den diastolischen Ruhewert absinkt.

Von den 57 Patienten hatten 54 keine Veränderungen des systolischen Blutdruckwertes in Richtung der Gefahrenzone, der diastolische Wert schwankte nur wenig, in keinem der 54 Fälle kam es zur Einengung der Amplitude. Ausnahmen bildeten die drei Einzelfälle.

Die Pulsfrequenz stieg bei unverändertem Blutdruck und gleichbleibender Hautdurchblutung nur dann über Werte von 88, wenn stärkere Schmerzen bestanden. Diese wurden mit 50 mm Dolantin spezial beseitigt.

Die Durchblutung der Haut war gleichmäßig gut, die Haut war trocken, rosig und warm.

Die im vorhergehenden Kapitel festgestellte gute Nierenleistung ist ein weiterer Beweis für die günstigen Durchblutungsverhältnisse, weil die Niere als "stark sympathisch versorgtes Organ" jede Durchblutungsminde- rung sofort mit einer Einschränkung der Urinproduktion beantwortet.

Dieses Ergebnis ist auf die guten Volumenverhältnisse zurückzuführen, die bei allen Patienten durch die postoperative Infusionstherapie und bei den kreislaufgefährdeten Patienten durch zusätzliche präoperative Infusionsprophylaxe erreicht wurde.

4.0 Zusammenfassung

In der vorliegenden Dissertation wurden an 57 Patienten postoperative Änderungen des Blutvolumens nach langsamer Infusion von Sterofundin SK-L, Macrodex 6 % und Blut in Abhängigkeit von der "induzierten Hypervolämie" gemessen. Dazu dienten Serienbestimmungen des Blutvolumens mit dem VOLEMETRON und RISA als Testsubstanz an frisch-operierten Patienten in vierstündlichem Abstand über 24 Stunden. Die "induzierte Hypervolämie", bestehend aus insgesamt 2000 ml kolloidaler Lösung (Macrodex 6 %) an beiden präoperativen Tagen, wurde bei 34 Patienten durchgeführt, bei denen während der Narkose, der Operation oder in der postoperativen Phase eine akute tonische Kreislaufinsuffizienz erwartet werden konnte. Weiterhin wurden prä- und postoperativ Hämatokrit, Hämoglobin und Erythrocyten gemessen, die Diurese nach der Operation durch Messungen der Harnmenge und des spezifischen Gewichts kontrolliert und das Kreislaufverhalten nach dem systolischen und diastolischen Blutdruck, der Amplitude, der Pulsfrequenz und Hautdurchblutung beurteilt.

Kurz zusammengefaßt wurden folgende Ergebnisse gefunden:

1. Das Blutvolumen stellt sich postoperativ auf einen neuen, der Immobilisation angepaßten "Normalwert" ein. Alleinige langsame Infusionen kristalloider Lösungen (Sterofundin SK-L) vermögen es nicht aufrecht zu erhalten oder zu erhöhen.

2. Mit kolloidalen Lösungen (Macrodex 6 %) kann bei einer Infusionsgeschwindigkeit von 1 ml/min. das Blutvolumen aufrecht erhalten werden. Eine Erhöhung der Infusionsgeschwindigkeit führt zu einer Zunahme des Blutvolumens.

3. Bluttransfusionen führen nicht obligat zu einer Volumenzunahme. Langsam infundiertes Blut konnte volumetrisch nicht erfaßt werden.

4. Die Hämatokrit-, Hämoglobin- und Erythrocytenwerte sanken nach Sterofundin- und Macrodex-infusionen leicht ab und stiegen nach Bluttransfusionen an.

5. Die postoperative Urinausscheidung war dank der Kreislaufstabilisierung durch die Infusionstherapie normal. Von den Patienten mit "induzierter Hypervolämie" wurde im Vergleich zu den Kontrollgruppen entsprechend mehr Urin ausgeschieden.

6. Durch die präoperative Infusion kreislaufwirksamer Flüssigkeiten (Macrodex 6 %) kann - das beweisen die vorgelegten Untersuchungen - die gefürchtete, postoperativ einsetzende "akute tonische Kreislaufinsuffizienz" verhindert werden. Tritt sie dennoch auf, so muß es sich wie bei den Einzelfällen um eine Nachblutung handeln.

7. Die präoperativ "induzierte Hypervolämie" ist postoperativ noch wirksam und selbst nach 24 Stunden nachweisbar.

IV. Literaturverzeichnis

1. AHNEFELD, F.W.,
FREY, R. und
HALMAGYI, M. Die Blutvolumenbestimmung mit
radioaktiven Isotopen zur Verhü-
tung von Irrtümern in der Anzeige-
stellung zur Bluttransfusion und
Infusion von Blutersatzmitteln
Bibl.haematol. vol 16, 223
Karger Basel / New York (1963)
2. ALBERT, S.N. Blood Volume
Anaesthesiology 231 (1963)
3. ALLGÖWER, M. und
STUDER, E. Methodik und Ergebnisse einer
Schnellbestimmung des Blutvolumens
mit J¹³¹ in der Klinik
Dtsch. Z. Chir. 301, 122 (1962)
4. ALLGÖWER, M. Schook
in: Lehrbuch der Chirurgie 3. Aufl.
Thieme Stuttgart 1962
5. ARTZ, C.P.,
HOWARD, J.M. und
FRAWLEY, J.P. Clinical Observations on the Use
of Dextran and modified Fluid
Gelatin in Combat Casualties
Surgery 37, 612 (1955)
6. BAZETT, H.C. Climatic Effects on the Volume
SUNDERMANN, W.F., and Composition of Blood in Man
DOUPE, J. and Amer. J. Physiol. 129, 69 (1940)
SCOTT, Y.C.
7. BEHRIG, C.A., Blood Volume Determinations in
BORCH, D.T. and Surgery. Analysis of 100 Cases
MORTON, Th.V.jr. Surg. Gyn. Obst. 90, 686 (1950)

8. BERLIN, N.J. The Blood Volume in Cancer
HYDE, G.M., Cancer 8, 4 (1955)
PARSON, R.J. and
LAWRENCE, J.H.
9. BERLIN, N.J., Blood Volume in Polycythemia as
LAWRENCE, J.H. and determined by ^{32}P labelled Red
GARTLAND, J.H. Blood Cells
Amer. J. Med. 9, 747 (1950)
10. BERSON, S.A. Blood Volume in Health and Disease
Bull. N.Y. Acad. Med. 30, 750 (1954)
11. BULL, J.P. Klinische Aspekte des traumatischen
Schocks
in: Schock, Pathogenese und Therapie
Springer Berlin, Göttingen, Heidel-
berg 240 (1962)
12. BURTON, A.C. Interrelation of physical and
physiological Factors
in: Factors regulating Blood Flow
Fulton and Zweifach Wash. D.C.
Amer. Physiol. Soc. 3 (1958)
13. DAVIS, H.A. Blood Volume Dynamics
Springfield III.
Charles C. Thomas (1962)
14. DEANE, N. and The Distribution of Sodium and
SMITH, H.W. Potassium in Man
J. clin. Invest. 31, 197 (1952)
15. DOBSON, E.L. Homeostatic Mechanisms
Brookhaven Symposium in Biology
Upton New York Ass. Univ. 197 (1958)

16. DOBSON, E.L., The Role of the Liver Circulation
KELLY, F.J., in Fluid and Electrolyte Balance
MUSTELL, F.P., in: Research in Burns
LAPOVSKY, R.M. and Amer. Inst. Biol. Sci. 9 (1962)
ZEMACH, M.
17. DODDS, M.E. and Blood and Plasma Volume in
CURRY, G.J. severely Injured
Amer. J. Surg. 80, 732 (1950)
18. DOHRMANN, R. Einführung in die prae- und post-
 operative Wasser- und Elektrolyt-
 therapie
Springer Berlin-Göttingen
Heidelberg (1959)
19. DUESBERG, R. und Pathophysiologie und Klinik
SCHRÖDER, W. der Kollapszustände
Hirzel Leipzig (1944)
20. EICHLER, O., Versuche über Dextraninfusionen und
APPEL, J. und ihre physiologischen Folgeerschei-
SEBENING, F. nungen
Klin. Wschr. 127 (1954)
21. FORBES, W.H., The Effect of Climate upon the
DILL, D.B. and Volume of Blood and the Tissue
HALL, F.G. Fluid in Man
Amer. J. Physiol. 130, 739 (1940)
22. FORSEE, J.H., Blood Volume Studies
SCHMITT, C.H., in thoracic Operations
HOLMES, J.H. Arch. Surg. 65, 88 (1952)
JENKINS, E.D. and
SALYER, J.M.

23. FREYERS, G.R. Effect of decreased atmospheric
Pressure on Blood Volume of Rats
Amer. L. Physiol. 171, 459 (1952)
24. GAMBLE, J.L. Chemical Anatomy, Physiology and
Pathology of Extracellular Fluid
6. Aufl. Cambridge Mass.
Harvard Univ. Press (1954)
25. GAUER, O.H. Die Wechselbeziehungen zwischen
Herz- und Venensystem
Verh. dtsh. Ges. Kreisl. Forsch.
22, 61 (1956)
26. GAUER, O.H. Beitrag zur Homöostase des extra-
arteriellen Kreislaufs:
HENRY, J.P. Volumenregulation als unabhängiger
physiologischer Parameter
Klin. Wschr. 34, 356 (1956)
27. GELIN, L.E. The Significance of intravascular
Aggregation of Blood Cells
following Injury
Bull. Soc. int. Chir. 18, 4 (1959)
28. GELIN, L.E. Disturbance of the Flow Properties
of Blood and its Counteraction in
Surgery
Acta Chir. Scand. 122, 287 (1961)
29. GELIN, L.E. Haematorheologische Veränderungen
bei Trauma
Bibl. haemat. vol. 16
Karger Basel / New York (1963)
30. GELIN, L.E. Flüssigkeitersatz im Schock
in: Schock, Pathogenese und Therapie
Springer Berlin Göttingen Heidelberg
(1962)

31. GELIN, L.E. and INGELMAN, B. Rheomacrodex - A new Dextran Solution for rheological Treatment of impaired capillary Flow Acta Chir. Scand. 122, 294 (1961)
32. GELIN, L.E. and SCHOEMAKER, W.C. Hepatic Blood Flow and microcirculatory Alterations induced by Dextran of high and low Viscosity Surgery 49, 713 (1961)
33. GEMZELL, C.A., ROBEE, H. and SJÖSTRAND, T. Blood Volume and total Amount of Hemoglobin in normal Pregnancy Acta obstetr. scand. 33, 289 (1954)
34. GREGERSON, M.J. and RAWSON, R.A. Blood Volume Physiological Reviews 39, 307 (1957)
35. GRÖNWALL, A. Erfahrungen mit einer kolloidalen Infusionslösung von Dextran (Macrodex) Dtsch. med. Wschr. 76, 1023 (1951)
36. GRUBER, N.F. und SIEGERIST, J. Der Volumeneffekt verschiedener Ersatzstoffe Dtsch. Z. Chir. 301, 128 (1962)
37. GRÜNERT, R.D., OEFF, K. und SCHULZE, H. Eigenschaften und Indikationen von Rheomacrodex Anaesthesist 11, 302 (1962)
38. GRÜNING, W. und ROTH, H. Das Verhalten des Blutvolumens beim Menschen nach Infusion von Blutersatzflüssigkeiten Klin. Wschr. 31, 351 (1954)
39. HÄSSIG, A., BARANDUN, S. und STÄMPFELI, K. Zur therapeutischen Verwendung von Plasmafraktionen Bibl. haematol. vol 9 Karger Basel / New York (1959)

40. HALLBERG, L. Blood Volume, Hemolysis and Regene-
ration of blood in Pernicious Anemie
Scand. J. Clin. Suppl. 16 (1955)
41. HAMMAMI, G. Blutverlust bei Operationen
Dissertation Marburger Chir.
im Druck
42. HARRISON, J.H. Dextran as a Plasma Substitute
with Plasma Volume and Excretion
Studies on Control Patients
Ann. Surg. 139, 137 (1954)
43. HAVERS, L.,
 BORGSTEDE, I.v. und
 BREUER, H. Klinisch-experimentelle Unter-
suchungen mit einem neuen
Plasmaexpander
Dt. med. Wschr. 87, 730 (1962)
44. HEGEMANN, G. Kirschners Operationslehre Bd. I/2
Springer Berlin Göttingen
Heidelberg (1958)
45. HEGEMANN, G. Blutung und Blutersatz
in: Lehrbuch der Chirurgie
Thieme Stuttgart (1962)
46. HEIM, W. und
 OSTEN, W. Zur Klinik und Physiologie der
Plasmaexpanderanwendung
Bibl. haematol. vol. 12
Karger Basel / New York (1961)
47. HEIM, W. und
 OSTEN, W. Beitrag zur Therapie des Wunschocks
mit Blut und einigen Blutersatz-
mitteln
Dtsch. Z. Chir. 278, 453 (1954)

48. HENNEMANN, H. Fehler, Gefahren und Irrtümer in der Anzeigestellung zur Bluttransfusion und zur Infusion von Blutersatzmitteln
Bibl. haematol. vol. 16
Karger Basel / New York (1963)
49. HIDALGO, J.U.,
NADLER, S.B. and
BLOCH, T. The Use of electronic digital Computer to determine best Fit of Blood Volume Formulas
J. Nucl. Med. 3, 94 (1962)
50. HOFFMANN, V. Operationen bei Menschen in höherem Lebensalter
Münch. Med. Wschr. 97, 1081 (1955)
51. HOFMANN, K.Th. Postoperative Störungen des Wasser- und Elektrolythaushalts
Urologe 1, 174 (1962)
52. HOWARD, J.M. Haemorrhagischer und posthaemorrhagischer Schock
in: Schock, Pathogenese und Therapie
Springer Berlin Göttingen Heidelberg (1962)
53. HUFF, R.L. and
FELLER, D.D. Relation of circulating red Cell Volume to Body Density And Obesity
J. Clin. Invest. 35, 1 (1956)
54. HUNZINGER, W.A.,
WILLENEGGER, H. und
MEIER, A.L. Blutvolumetrie mit J^{131} -albumin nach Infusion von Plasmaersatzmitteln
Klin. Wschr. 777 (1954)
55. HUTCHISON, J.L.
FREEDMAN, S.O.,
RICHARDS, B.A. and
BURGEN, A. Plasma Volume Expansion and Reactions after Infusions of autologous and nonautologous Plasma in Man
J. Lab. Clin. Med. St. Louis 56, 734 (1960)

56. HYDE, G.M.,
BERLIN, N.J.,
PARSONS, R.J. and
WHITTINGTON, B. The Blood Volume Expansion produced
by Gelatin, Serum albumin and Plasma
Surg. Gyn. Obst. 95, 657 (1952)
57. KARITZKY, B. Blutverlust und vorläufiger Ersatz
Münch. Med. Wschr. 104, 1253 (1962)
58. KIRCHNER, E. Die Behandlung der akuten tonischen
Kreislaufinsuffizienz
Bibl. haematol. vol. 16
Karger Basel/New York (1963)
59. KIRCHNER, E. Die Bedeutung des Volumenmangels
bei der Narkoseeinleitung
Anaesthesist 11, 132 (1962)
60. KIRCHNER, E. Fehler und Gefahren der prä-
operativen Kreislauftherapie
in der Alterschirurgie
Dtsch. Z. Chirur. 298, 131 (1961)
61. KIRCHNER, E. Unveröffentlichte Arbeit
62. KIRCHNER, E. Zur Therapie der beginnenden
und fixierten Zentralisation
des Kreislaufs mit Hydergin
Bruns Beitr. klin. Chir. 203, 462 (1961)
63. KIRCHNER, E. Diskussionsbemerkung
Arbeitstagung dtsh. Ges. Anästh.
Frankfurt 26./27.1.1963
64. KIRCHNER, E. und
OEHMIG, H. Schock und Kollaps
in: Handbuch der gesamten
Unfallheilkunde Bd. I, 309
Enke Verlag Stuttgart (1963)

65. KIRCHNER, E.,
HUNDESHAGEN, H. und
GRAUL, E.H. Über die Fehlerbreite der Blut-
volumenbestimmung mit RISA im
Volemetron
Atompraxis 9, 373 (1963)
66. KJELLBERG, S.R.,
LÖNROTH, H.,
RUDHE, U. and
SJÖSTRAND, T. Blood Volume and Heart Volume
during Pregnancy and Puerperium
Acta Med. Scand. 138, 421 (1950)
67. KNISELY, M.H.,
ELLIOT, T.S. and
BLOCH, E.H. Sludged Blood on traumatic shock:
Microscopic Observations of
Precipitation and Agglutination
of Blood flowing through vessels
in crushed Tissues
Arch. Surg. (Chicago) 51, 220 (1945)
68. KOSLOWSKI, I. und
KOLDE, H. Zur Differentialdiagnose und Be-
handlung von Transfusionsstörungen
Dt. Med. Wschr. 78, 367 (1953)
69. KOZOLL, D.D.,
VOLK, B.W.,
STEIGMANN, F. and
POPPER, H. Ref. 83
J. Lab. Clin. Med. 31, 30 (1956)
70. LANG, F. Blutvolumen und Diurese nach
Gelatineinfusionen
Dissertation Würzburg (1963)
71. LEHMANN, H.D., Fehler, Gefahren und Irrtümer in
der Anzeigestellung zur Bluttrans-
fusion und Infusion von Bluter-
satzmitteln
Bibl. haematol. vol. 10
Karger Basel / New York 213 (1963)

72. LONG, D.M. jr.,
SANCHES, L.,
VARCO, R.L. and
LILLIEHEI, C.W.
The Use of low molekular Weight
Dextran and Serum Albumin as
Plasmaexpander in Extracorporal
Circulation
Surgery St. Louis 50, 12 (1961)
73. MAC INTOSH, R.
The Determination of the circulating
Blood Volume in Infants by Carbon
Monoxyde Methode
J. Clin. Invest. 7, 203 (1929)
74. MAIER, C.
Mißbrauch der Bluttransfusion
auch bei uns ?
Praxis (Bern) 49, 639 (1960)
75. MAXFIELD, M.E.,
BAZETT, H.C. and
CHAMBERS, CC.
Seasonal and Posturar Changes in
Blood Volume
Amer. J. Physiol. 133, 128 (1941)
76. MELROSE, D.G.
The Use of low molecular weight
Dextran in extracorporal Circulation
Vortrag 11. Kongress der europ. Ges.
für Herz- und Gefäßchirurgie
Stockholm (1961)
77. MEYER, L.M.,
BERLIN, N.J.,
HYDE, G.M.,
PARSONS, R.J. and
WHITTINGTON, B.
Changes in Blood Volume following
Administration of Dextran - deter-
mined by P³² - labelled Red Cells
Surg. Gyn. Obst. 94, 712 (1952)
78. MILLIS, J.H.,
CASPAR, A. and
BARTTER, F.C.
On the Role of the Vagus in the
Control of Aldosterone Secre-tion
Science 128, 1140 (1958)
79. MOELLEL, J. und
SYKODES, A.
Die Verträglichkeit von Haemaceel
unter besonderer Berücksichtigung
der Nierenfunktion
Dtsch. Med. Wschr. 87, 726 (1962)

80. NADLER, S.B. Prediction of Blood Volume in normal Human Surgery 51, 22 (1962)
81. NONINDEZ, J.F. Studies on the Innervation of the Heart, Afferent Nerve Ending in the Large Arteries and Veins Amer. J. Anat. 61, 203 (1937)
82. NORLANDER, O. Postoperative Changes in total Hemoglobin and Blood Volume after Infusion of Blood and Dextran Anaesthesist 6, 251 (1957)
83. OEFF, K. Über den Wirkungsmechanismus von kolloidalen Plasmaersatzstoffen Anaesthesist 8, 45 (1959)
84. PAINTAL, A.S. A Study of Right and Left Arterial Receptors J. Physiol. 120, 596 (1953)
85. PAMPUS, F. Praeoperative Veränderungen des Blutvolumens in der Blutzusammensetzung bei neurolog. Patienten; ihre Bedeutung und Behandlung Dtsch. Z. Chir. 286, 582 (1958)
86. PAPPENHEIMER, J.R. Passage of Molecules through Capillary Walls Physiol. Rev. 33, 387 (1953)
87. PEARCE, J.W. A current Concept of the Regulation of Blood Volume Brit. Heart. J. 23, 66 (1961)
88. PICKERT, H. Über Austauschvorgänge zwischen intra- und extravasalem Raum Anaesthesist 8, 42 (1959)

89. PIOMELLI, S.,
NATHAN, D.G.,
CUMMINS, J.F. and
GARDNER, F.H. The Relationship of total Red Cell
Volume to total Body Water in
octogenarian Males
Blood 19, 89 (1962)
90. FREDEN, J.C. jr.,
MAXWELL, M.,
OHIN, A. and
MEYER, C.A. A Consideration of Indications for
preoperative Transfusions based on
analysis of Blood Volumes and
circulating Proteins in normal and
malnourished Patients with and
without cancer
Ann. Surg. 151, 303 (1960)
91. RASCH, L.H. Vollblut, Plasma und Fraktionen
Bibl. haematol vol 9
Karger Basel / New York (1959)
92. REEVE, E.B.,
ALLEN, T.H. and
ROBERTS, J.E. Blood Volume Regulation
Ann. Rev. Physiol. 22, 349 (1960)
93. REHN, J. Die Behandlung der Verbrennungs-
krankheit
Med. Klinik 58, 799 (1963)
94. REHN, J. Klinische Erfahrungen mit Dextran
in der Chirurgie
Med. Welt 1, 1330 (1950)
95. REIN, H. und
SCHNEIDER, M. Physiologie des Menschen
Springer Berlin Göttingen Heidelberg
13./14. Aufl. (1960)
96. RENKIN, E.M. und
PAPPENHEIMER, J.R. Wasserdurchlässigkeit und Permea-
bilität der Kapillarwände
Ergeb. Physiol. 49, 59 (1957)

97. ROCHLIN, D.B.,
SHOHE, T. and
BLAKEMORE, W.S. Blood Volume Changes associated
with essential Hypertension
Surg. Gyn. Obst. 111, 569 (1960)
98. SPEALMAN, C.R.,
NEWTON, M. and
Post, R.L. Influence of Environmental
Temperature and Posture on Volume
and Composition of Blood
Amer. J. Physiol. 150, 628 (1947)
99. SJÖSTRAND, T. The regulation of the Blood
Distribution in Man
Acta Physiol. Scand. 26, 312 (1952)
100. SJÖSTRAND, T. Blutverteilung und Regulation
des Blutvolumens
Klin. Wschr. 34, 561 (1956)
101. STARLING ref. 83
J. Physiol. London 19, 312 (1896)
102. STEIN, E. Die akute Kreislaufinsuffizienz
Internist 2, 9 (1961)
103. SCHEGA, H.W. Das Ödem der Magen- und Darmwand
nach intravenösen Infusionen
Dtsch. Z. Chir. 276, 478 (1953)
104. SCHEGA, H.W. Experimentelle Untersuchung zur
Frage der osmotherapeutischen
Beeinflußbarkeit des Ödems.
Dtsch. Z. Chir. 280, 479 (1955)
105. SCHNEIDER, K.W. Vortrag
10. Kongreß der deutschen Gesell-
schaft für Bluttransfusion in
Bad Homburg v. d. H. 23.-26.5.1962
106. SCHNEIDER, K.W. Gefahren der Bluttransfusion in
der inneren Medizin
Med. Welt 1899 (1960)

107. SCHNEIDER, K.W. und PIPPING, L. Der Einfluß von Humanalbumininfusionen auf die Haemodynamik Dtsch. Med. Wschr. 87, 1291 (1962)
108. SCHÖRCHER, F. ref. 106
Z. Chir. 13, 577 (1940)
109. SCHOLER, H. und SCHNÖS, M. Probleme des Blutvolumens in der Cardiology, Hinweis auf ein neues Gerät auf Isotopenbasis Cardiologia 42, 74 (1963)
110. SCHRÖDER, J., BRÖNER, W. und QUAILO, R. Über die Abhängigkeit der zirkulierenden Blutmenge von der Körperzusammensetzung Z. Kreislaufforsch. 47, 714 (1958)
111. SCHWAB, M. Die Grundlagen der Flüssigkeits- und Elektrolyttherapie Melsunger Med. pharm. Mitteilungen 93 (1960)
112. SCHWAB, M., DISSMANN, Th. und SCHUBERT, W. Der Einfluß des Alters auf die Flüssigkeitsräume des Körpers Klin. Wschr. 41, 1173 (1963)
113. SCHWAIGER, M. Die Bedeutung der Blutvolumenverhältnisse für die Entstehung des chirurgischen Schocks Dtsch. z. Chir. 273, 159 (1953)
114. SCHWAIGER, M., LÜTTICHAU, E.V. und SCHMEISER, K. Blutvolumen bei chirurgischen Erkrankungen Chirurg 23, 150 (1952)
115. SCHWAIGER, M. und SCHMEISER, K. Zur Infusionstherapie nach Eingriffen am Magen Chirurg 21, 613 (1950)

116. SCHWALM, H. und
GÖLTNER, E. Bluttransfusion und Diurese
Bibl. haematol. vol. 2, 172
Karger Basel / New York (1956)
117. SCHWARTZKOPFF, W. Zur Wirkung von Dextran als
Plasmaexpander
Z. klin. Med. 157, 156 (1962)
118. SCHWARTZKOPFF, W. u. Permeabilitätsstudien an der
BARTELHEIMER, H. Cantharidenblasengrundfläche
Klin. Wschr. 37, 1253 (1959)
119. SCHWARTZKOPFF, W., Plasmaexpander und physiolo-
HAEGEN, K.R. und gische Kochsalzlösung in der
KOLM, H. van der Infusionstherapie
Med. Welt 36, 1891 (1962)
120. SCHWARTZKOPFF, W. u. Vergleichende Untersuchungen über
RENSCH, H. den Einfluß von physiologischer
Kochsalzlösung und Dextran auf
das Verhalten des Plasmavolumens
Chirurg 32, 293 (1961)
121. TAKINO, M. ref. 26
Japanese Circ. J. 15. 1 (1954)
122. TAYLOR, H.L., The Effekt of Bed Rest on the
ERICKSON, L., Blood Volume of normal young Men
HENSCHEL, A. and Amer. J. Physiol. 144, 227 (1945)
KEYS, A.
123. WALHUND, H. The total Amount of Hemoglobin
and the Blood Volume in Poly-
cythaemia vera treated with
Radiophosphorus
Acta Med. Scand. 150, 199 (1954)

124. WARDSWORTH, G.R. The Blood Volume in normal Women
Blood 9, 1205 (1954)
125. WEESE, H. Therapeutische Möglichkeiten
mit Blutersatzstoffen
Münch. Med. Wschr. 456 (1953)
126. WIEMERS, K. Grundlagen und Praxis der Infusions-
therapie in der Chirurgie
Dtsch. Med. J. 12, 327 (1961)
127. WIEMERS, K. und Die postoperative Frühkomplikationen
KERN, E. Thieme Stuttgart (1957)
128. WILLENEGGER, D. Besondere Transfusionsstörungen
in der Chirurgie
Bibl. haematol. vol 2, 41
Karger Basel / New York (1955)
129. WILLIAMS, J.A. and Measurement of Blood Volume
FINE, J. with a new Apparatus
New Engl. J. Med. 264, 842 (1961)
130. WOLLHEIM, E. Zur Funktion der subpapillären
Gefäßplexus der Haut
Klin. Wschr. 2134 (1927)
131. WOLLHEIM, E. und Untersuchungen zur funktionellen
SCHNEIDER, K.W. Pathologie und Therapie großer
intestinaler Blutungen
Ver. dtsch. Ges. inn. Med. 333 (1954)
132. WOLLHEIM, E. und Das Blutvolumen nach Plasma-
SCHNEIDER, K.W. und Bluttransfusionen
Dtsch. Med. Wschr. 1117 (1958)

133. WOLLHEIM, E.,
SCHNEIDER, K.W.,
ZISSLER, J. und
EIFERT, M. Veränderungen der aktiven Plasma-
und Blutmenge nach Plasma- und
Bluttransfusionen
Cardiologia (Basel) 21, 320 (1952)
134. YOSHIMURA, H. Seasonal Changes in human Body
Fluids
Japanese J. Physiol. 8, 165 (1958)

Lebenslauf

Als Sohn des praktischen Arztes Dr. med. Helmut Ritter und seiner Ehefrau, der Ärztin Ingeborg Ritter, geb. Dohrmann, wurde ich am 7. August 1940 in Teschen / Oberschlesien geboren. Im Jahre 1947 wurde ich in Heilshorn bei Bremen eingeschult, besuchte ab 1950 die Volksschule in Bremerhaven - Surheide und ab 1952 die Wilhelm - Raabe - Schule in Bremerhaven, an der ich am 11.3.1959 die Reifeprüfung bestand. Das Medizinstudium begann ich im SS 1959 an der Universität Marburg und legte dort die naturwissenschaftliche Vorprüfung am 28.4.1960 und die ärztliche Vorprüfung am 27.10.1961 ab. Die beiden ersten klinischen Semester verbrachte ich an der Universität Wien. Im WS 1962/63 studierte ich an der Universität Köln und kehrte zum SS 1963 an die Universität Marburg zurück, an der ich am 21.9.1965 das medizinische Staatsexamen bestand.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren
Professoren und Dozenten

in Marburg: Berendes, Braun-Falco, Buchholz,
Bücher, Dimroth, Dölle, Exner, Gedigk, Hamm,
Hartmann, Hensel, Hildebrandt, Hornung, Jacob,
Keßler, Linneweh, Mahr, v. Manger-Köning, Mann,
Martini, Marx, Mattes, du Mesnil de Rochement,
Nissing, Oksche, Oehmig, Petry, Sauer, Schleyer,
Schmid, Schmitz, Schölmerich, Schwaiger, Seidel,
Siegert, Siess, Straub, Streicher, Walcher.

in Wien: Braitenberg, Chiari, Fellingner,
Fuchsig, Hoff, Langer, Neuhold, Novotny,
Obiditsch-Mayer, Pillat.

in Köln: Achenbach, Bennholdt-Thomsen,
Gohr, Heberer, Kaufmann, Kern, Rudolf, Schümmel-
feder, Schulten, Zipf.

